

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A
ROBOTIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF METROLOGY AND QUALITY ASSURANCE TESTING

KATALOGIZACE ASYNCHRONNÍCH MOTORŮ

CLASSIFICATION OF ASYNCHRONOUS MOTORS

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS


AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. VÁCLAV ČALA

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

Doc. Ing. VLADISLAV SINGULE, CSc.

BRNO 2009

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 5
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

ANOTACE/ ABSTRAKT

Václav Čala

Katalogizace asynchronních motorů

Diplomová práce, Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky, VUT FSI v Brně

Tato diplomová práce se zabývá vytvořením „Katalogového listu“ asynchronních motorů s kotvou nakrátko, osových výšek 355, 400, 450, 500 a 560 mm. Dále se zabývá vytvořením jednotné konstrukční dokumentace pro výrobu a montáž těchto motorů ve firmě TES VSETÍN, s.r.o. Vypracováním této diplomové práce bych chtěl docílit zjednodušení komunikace se zákazníkem při zpracování jednotlivých zakázek asynchronních motorů a dále urychlení zpracování zakázek asynchronních motorů nejen v oddělení konstrukce, ale i celou TPV (technologickou přípravou výroby), což jednotná dokumentace s jistotou umožní.

Klíčová slova:

asynchronní, motor, elektrický, stroj, rotor, stator, svorkovnice, chlazení, krytí, osová výška, tvar

ANNOTATION/ ABSTRAKT

Václav Čala

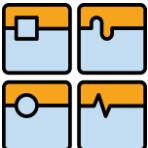
Classification of asynchronous motors

Diploma dissertation, Institute of Production Machines, Systems and Robotics, FME

This diploma thesis deals with a creation of a “Classification Document” of asynchronous motors with a short-circuit armature with axial heights of 355, 400, 450, 500, and 560 mm. Furthermore, it is concerned with a creation of an integral design documentation for the production and assembly of these motors at the company TES VSETÍN, s.r.o. By writing this diploma thesis I would like to achieve a simplification of communication with the customers during the processing of asynchronous motors orders and to speed up the processing of asynchronous motors orders not only in the design department but also the complete technologic preparation of the production which will surely be provided by this integrated documentation.


Keywords:

asynchronous, motor, electrical, machine, rotor, stator, terminal box, cooling, protection, axial heights, mounting

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 6
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ČALA, V. *Katalogizace asynchronních motorů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 76 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Vladislav Singule, CSc.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 7
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

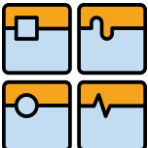
MÍSTOPŘÍSEŽNÉ PROHLÁŠENÍ

„Místopřísežně prohlašuji, že jsem byl seznámen s předpisy pro vypracování DP a že jsem celou DP, včetně příloh vypracoval samostatně. Ustanovení předpisů pro vypracování DP jsem vzal na vědomí a jsem si vědom toho, že v případě jejich nedodržení nebude vedoucím DP moje práce přijata“

V Brně dne:.....

Jméno: Bc. Václav Čala

.....

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 8
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	


PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval všem lidem, kteří mi byli nápomocni při tvorbě mé diplomové práce. Zvláště bych chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Vladislavu Singulemu CSc. a kolegům ve firmě TES VSETÍN, s.r.o., kteří mi byli nápomocni a dávali mi přínosné a odborné rady v průběhu zpracování diplomové práce.

OBSAH

1. ÚVOD.....	11
2. Definování cílů práce	12
3. Představení společnosti TES VSETÍN, s.r.o.	13
3.1 Historie společnosti.....	13
3.2 Výrobní program společnosti.....	14
4. Elektrické stroje	17
4.1 Princip činnosti elektrických strojů.....	17
5. Asynchronní stroje.....	18
5.1 Konstrukce asynchronních motorů	18
6. Pracovní prostředí a konstrukční řešení	20
6.1 Chlazení	21
6.1.1 Charakteristická číslce označující uspořádání chladicího okruhu	22
6.1.2 Charakteristická písmena označující druh chladiva.....	23
6.1.3 Charakteristická číslce označující způsob uvádění chladiva do pohybu	24
6.2 Krytí	25
6.2.1 První charakteristická číslce	26
6.2.2 Druhá charakteristická číslce	27
6.3 Pojem krytí a chlazení pro zadání diplomové práce	28
6.4 Zatížení – zatěžovatel	29
7. Standardní specifikace motorů	30
7.1 Úvod.....	30
7.2 Zákony a normy	30
7.3 Odchylka od specifikace	31
7.4 Ekologické a provozní podmínky	31
8. Konstrukce	32
8.1 Celková konstrukce.....	32
8.2 Provozní požadavky	32
8.2.1 Všeobecně.....	32
8.2.2 Počet následných startů.....	32
8.2.3 Startovní charakteristika	32
8.2.4 Vibrace.....	33
8.2.5 Regulace hlučnosti	33
8.3 Požadavky na konstrukci	34
8.3.1 Kostra motoru	34
8.3.2 Skříň svorkovnice	35
8.3.3 Chlazení	36
8.3.4 Izolační systém a vinutí	37
8.3.5 Ložiska, mazání ložisek	38
8.3.6 Zapojení a spojky.....	39
8.4 Speciální design, doplňky	39
8.4.1 Ochrana vinutí.....	39
8.4.2 Ochrana ložisek.....	40
8.4.3 Anti-kondenzační topení	42
8.4.4 Další doplňky	45
8.5 Štítky	46
8.6 Povrchová úprava, ochrana proti korozi	47


8.7	Příprava expedice	47
8.8	Výkresy a dokumentace.....	48
9.	Katalogizace a unifikace asynchronních motorů.....	49
9.1	Dřívější způsob konstrukce	49
9.2	Požadavek výroby	50
9.3	Požadavek zákazníka.....	51
9.4	Urychlení konstrukce.....	51
9.4.1	Vytvoření rozměrového náčrtku	51
9.4.2	Ukládání modelů.....	54
9.4.3	Příklad uložení některých dílů a podsestav	56
10.	Katalogový list motorů DSo	57
11.	Pevnostní výpočty	59
11.1	Hřídel.....	59
11.2	Síly působící na hřídel rotoru	60
11.2.1	Reakce v ložiskách F_{RA} , F_{RB}	61
11.2.2	Průhyb hřídele.....	62
11.2.3	Magnetický tah	63
11.2.4	Výpočet magnetického tahu při průhybu $y = e = 0,01$ mm	64
11.3	Namáhání hřídele – krut	65
11.3.1	Hodnoty maximálních kroutících momentů	66
11.4	Návrh a kontrola ložisek.....	67
11.4.1	Strana AS (strana volného konce)	67
11.4.2	Strana BS (opačná strana volného konce)	67
12.	Ekonomická analýza.....	69
13.	Závěr	70
14.	Seznam použitých norem	72
15.	Seznam použité literatury	73
16.	Seznam použitých symbolů.....	74
17.	Seznam použitých obrázků a tabulek	75
18.	Seznam příloh.....	76

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 11
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

1. ÚVOD

Firma TES VSETÍN, s.r.o. je výrobcem elektrických točivých strojů, a to motorů asynchronních, stejnosměrných a generátorů synchronních a asynchronních. Tyto stroje se dále dělí podle velikosti, což jsou v případě horizontálních strojů osová výšky. V případě strojů vertikálních se vychází z velikosti průměru plechů statoru tvořícího magnetický obvod strojů. Shodné velikosti průměrů těchto plechů pak odpovídá osová výšce strojů horizontálních.

Každý podnik se v dnešní době pohybuje v silném konkurenčním prostředí. Pokud chce v tomto boji obstát, musí se přizpůsobovat požadavkům zákazníka. Každý zákazník má mnoho specifických požadavků a je jen na daném podniku, jak těmto požadavkům vyhoví nejen konstrukčně, ale i v co nejnižších cenových relacích. To je hlavní požadavek všech zákazníků. Proto se dospělo k názoru, že sjednocení výkresové dokumentace pro jednotlivé osová výšky asynchronních motorů bude správným krokem při spolupráci zákazník – dodavatel.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 12
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

2. Definování cílů práce

Tato diplomová práce se věnuje konstrukčnímu zpracování asynchronních motorů MAK osově výšky 450 mm s chlazením IC410 (hladká kostra) s krytím IP55 a IP66 pro délky paketů 600, 680, 750 a 850 mm. Motory ostatních osových výšek (355, 400, 500, 560) jsou konstrukčně řešeny podobně. Jejich konstrukční zpracování v digitální podobě, tedy modely v programu Autodesk Inventor musely být vytvořeny také, protože jedním z výsledků diplomové práce mělo být zpracování katalogového listu, který nelze zpracovat bez vytvoření jednotlivých modelů. Tím jsou tedy následně vyřešeny konstrukčně i motory ostatních osových výšek, a to 355, 400, 500, 560 mm. Pro stroje těchto osových výšek, které nebyly předmětem diplomové práce, stačí již vytvořit pouze výkresy jednotlivých dílů, podsestav a sestav.

Ke splnění jednotlivých cílů diplomové práce je potřeba v průběhu jejího zpracovávání vyřešit následující dílčí úkoly:

- nastudování specifikace standardního provedení asynchronních motorů řady MAK, DSo,
- konstrukční zpracování v programu Autodesk Inventor a to vytvoření modelu osově výšky 450 mm a vytvoření vzorového rozměrového náčrtku,
- konzultace se zákazníkem,
- vytvoření modelů jednotlivých osových výšek,
- uspořádání jednotlivých součástí a podsestav do správných adresářů a podadresářů,
- zpracování rozměrových náčrtků – vytvoření katalogového listu
- zpracování výrobních výkresů, detailů, podsestav a sestav.

Jednotlivé dílčí cíle představují zároveň i postupné kroky zpracovávání této diplomové práce. Proto je potřeba, aby žádný z nich nebyl vynechán nebo opomenut.

3. Představení společnosti TES VSETÍN, s.r.o. [16]

3.1 Historie společnosti

V roce 1919 založil Josef Sousedík podnik pod názvem „Elektrotechnická továrna Josef Sousedík, Vsetín, Morava“. Vyráběly se stejnosměrné stroje, asynchronní motory a asynchronní motory se spouštěčem. Trojfázové komutátorové motory napájené do statoru a indukční regulátory. Podnik procházel různými, pro tehdejší dobu, charakteristickými obdobími prosperity a krize. V době velké hospodářské krize v roce 1934 končí firma Josef Sousedík svoji činnost jako soukromý podnik a stává se součástí koncernu RINGHOFFER-TATRA a. sp., ale ponechává si svůj původní název. V roce 1946 došlo k fúzi firem Sousedík, české pobočky fy Siemens, Skrat, Svet a Wager a byl založen společný státní podnik Moravské elektrotechnické závody – MEZ VSETÍN. V roce 1958 vzniká sdružení elektrotechnických podniků ZSE Praha, ze kterého postupně vznikl koncern ZSE Praha a v roce 1988 byl ustaven státní podnik Závody silnoproudé elektrotechniky Praha, kombinát – jeho součástí byl i podnik MEZ Vsetín. Po roce 1989 dochází postupně k organizačním změnám i ke změně výrobního programu. Tradiční sortiment stejnosměrných motorů byl ve spolupráci se zahraničními partnery doplněn o nově zavedenou výrobu synchronních generátorů a tvářecích strojů.

Při privatizaci státního podniku v roce 1994 převzala převážnou část produkce společnost TES VSETÍN, s.r.o., jejíž výrobní program zahrnuje vlastní výrobky a výrobky dle technické a konstrukční dokumentace zákazníka. Společnost TES VSETÍN, s.r.o. navázala od 1. 1. 1996 v převážné části své produkce na tradici výroby státního podniku MEZ VSETÍN, s.p.. V červnu 1998 se vlastníkem firmy TES VSETÍN, s.r.o. stala finanční skupina Penta Investments, název TES VSETÍN, s.r.o. zůstal zachován.

Díky technickému a výrobnímu potenciálu, podloženému dlouhou tradicí si společnost udržuje významné odběratele na trzích v Německu, Nizozemí, Švýcarsku, Francii, Rakousku, Turecku, Itálii, Slovensku, Polsku, Rusku, USA a Thajsku, přičemž export společnosti činí každoročně 70 – 80% z výroby zboží.

3.2 Výrobní program společnosti

Společnost vyrábí široký sortiment točivých elektrických strojů, jmenovitě stejnosměrných motorů, asynchronních motorů, asynchronních a synchronních generátorů a kromě standardních provedení i podle přání zákazníka nebo výhradně podle jeho dokumentace. Průběžná kontrola kvality během výroby a důkladná vstupní a výstupní kontrola jsou zárukou vysoké spolehlivosti a dlouhé životnosti výrobků.

Stejnosměrné motory řady S jsou konstruovány pro pohony s vysokou dynamikou a širokým rozsahem otáček a vyhovují mezinárodní normě IEC 34–1.

Motory řady SH jsou vyráběny ve 12 typových velikostech, 5 variantách chlazení a ve dvou základních otáčkových modifikacích (pomaloběžné a rychloběžné) a jsou vyráběny podle standardu AISE. Vyznačují se robustní konstrukcí a vysokou provozní spolehlivostí.



Obr. 1: Stejnosměrné motory řady SH
(3,5 – 1000 kW)



Obr. 2: Stejnosměrné motory řady S
(7,5 – 533 kW)

Synchronní generátory řady GSH a asynchronní generátory řady GAK odpovídají specifickým požadavkům na generátory pro vodní elektrárny. Vyznačují se robustní konstrukcí a dostatečným dimenzováním všech částí. Díky celé řadě variant provedení a příslušenství lze splnit prakticky všechny požadavky odběratelů.



Obr. 4: Synchronní generátory pro vodní elektrárny řady GSH (30 – 5000 kVA)




Obr. 3: Asynchronní generátory pro vodní elektrárny řady GAK (30 – 1500 kVA)

Indukční regulátory napětí jsou elektrické stroje k plynulému řízení velikosti střídavého napětí nebo k jeho stabilizaci. Jsou používány jako zdroje regulovatelného napětí ve zkušebnách, pro stabilizaci napětí při kolísání napětí v síti, pro řízení teploty v odporových pecích atd.



Obr. 5: Natáčivé transformátory řady NT (27 – 1000 kVA)

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 16
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Další výrobní program:

Výlisky – lisované plechy pro elektrotechniku, nářadí a přípravky

Jedná se o plechy rotorů a statorů tvořící magnetický obvod, ražené ze svitků nebo tabulí, včetně drážkování. Tloušťka plechu 0,35 mm až 1,0 mm ve tvaru kruhů nebo segmentů.

Mechanické dílce a navinuté díly pro elektrické stroje

Jedná se o výrobu a navíjení paketů rotoru a statoru. Dále cívky, hřídele, kostry, ložiskové štíty, příruby, ventilátory, patky, základové rámy a svařované díly. Projekce a konstrukce elektrických strojů.

4. Elektrické stroje [12]

4.1 Princip činnosti elektrických strojů

Elektrickým strojem v obecném smyslu rozumíme zařízení pro elektromechanickou přeměnu energie. Má obvykle jeden nebo více vstupů, jimiž do něj energie vstupuje a jeden nebo více výstupů, jimiž z něj energie vystupuje.

Základním principem činnosti elektrických strojů je zákon elektromagnetické indukce.

Znění zákona elektromagnetické indukce:

Při pohybu vodičů v magnetickém poli nebo při časové změně magnetického toku spjatého s elektrickým obvodem se ve vodičích nebo v elektrickém obvodu indukuje elektrické napětí a je-li obvod uzavřen, protéká jím elektrický proud.

Elektrický stroj tedy musí mít takové části, aby se zákon elektromagnetické indukce mohl uplatnit. Musí tedy být vytvořeno magnetické pole a musí být dána možnost průchodu elektrického proudu.

Magnetické pole je vytvářeno magnetickým obvodem stroje a elektrický proud protéká vodiči, které jsou uspořádány a nazývají se *vinutím*. To znamená, že magnetický obvod a vinutí tvoří hlavní aktivní části každého elektrického stroje.

5. Asynchronní stroje

Každý točivý elektrický stroj se skládá ze dvou hlavních konstrukčních částí – statoru a rotoru. Stator je pevná stojící část stroje a rotor je otáčivá část stroje. Obě části se skládají z magnetického obvodu, což je část vyrobená z magneticky měkkého materiálu a vytváří vazbu mezi primárním a sekundárním obvodem. Primární a sekundární obvod jsou části elektrické. Tyto části jsou zhotoveny z elektricky vodivého materiálu, tzv. vinutí. Střídavé elektrické stroje rozdělujeme podle vztahu rychlosti otáčení rotoru a točivého magnetického pole na stroje synchronní a asynchronní.

Asynchronní motor je nejrozšířenějším pohonným elektromotorem. Tok mezi hlavními částmi motoru což jsou stator a rotor, je realizován výhradně pomocí elektromagnetické indukce a z tohoto důvodu se taky někdy motor nazývá *indukční*. Výhodou tohoto motoru je vysoká spolehlivost, jednoduchá konstrukce, vyžadují malou údržbu a využívají napájení z běžné střídavé sítě. Napájecí napětí může být jednofázové nebo trojfázové.

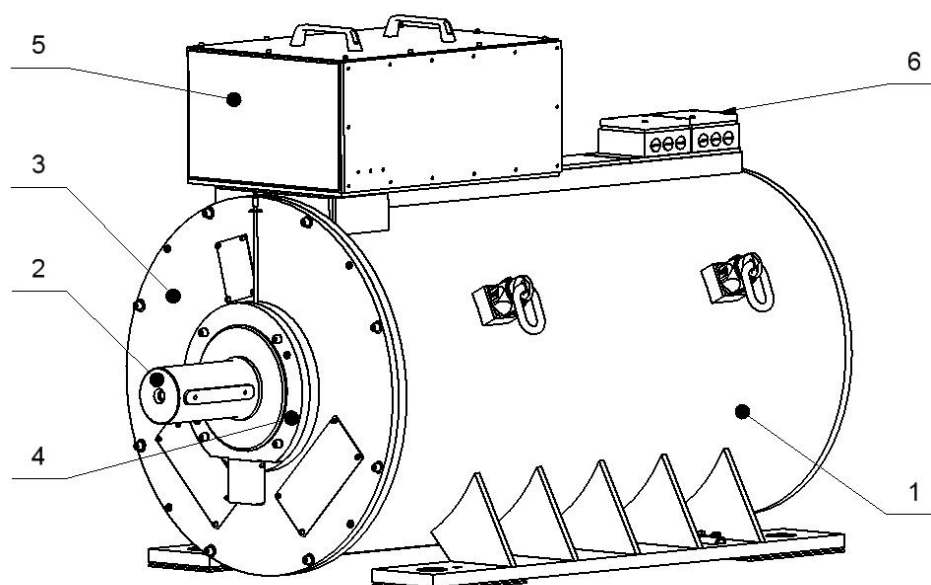
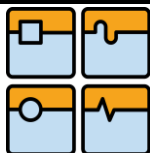
Název *asynchronní* má z důvodu rozdílných otáček rotoru a otáček točivého magnetického pole, které je vytvořeno statorovým vinutím napájeným trojfázovým nebo jednofázovým střídavým proudem. Točivé magnetické pole charakterizuje vektor magnetické indukce, které rotuje *synchronními* otáčkami. Ty závisí na frekvenci zdroje f a na počtu pólových dvojic vinutí statoru p (počet pólů). [12]

5.1 Konstrukce asynchronních motorů

Trojfázový asynchronní motor je v praxi nejpoužívanějším elektrickým motorem.

Hlavní části asynchronního motoru jsou následující:

- kostra – stator – statorové vinutí,
- ložiskové štíty,
- ložiska,
- rotor – hřídel,
- statorová a (rotorová) svorkovnice,




HLAVNÍ ČÁSTI STROJE	
POZ.	NÁZEV SOUČÁSTI
1	STATOR
2	ROTOR
3	LOŽISKOVÝ ŠTÍT
4	LOŽISKOVÝ UZEL
5	HLAVNÍ SVORKOVNICE
6	POMOCNÉ SVORKOVNICE

Obr. 6: Hlavní části asynchronního motoru

V kostře buď litinové, nebo v mém případě svařované je nalisován statorový svazek složený z elektrotechnických plechů. V drážkách statoru na vnitřním obvodu je uloženo trojfázové vinutí, které se připojuje ke zdroji střídavého napětí. Konce tohoto vinutí jsou vyvedeny na statorovou svorkovnici, která je umístěna na kostře a je chráněna krytem. Na svorkovnici je vyveden přesně daný počet svorek, k nimž jsou vyvedeny konce a začátky tří fází statorového vinutí.

Rotor je otáčející se část stroje. Je uložena v ložiskových štítech a otáčí se v ložiskách. Na hřídeli může být ventilátor, který slouží k chlazení motoru. Mezi rotorem a statorem je vzduchová mezera. Rotor je složen z elektrotechnických plechů s drážkami na vnějším obvodu, v nich je vloženo rotorové vinutí a to může být:

- z hliníku, mědi nebo z jiných materiálů (např. mosaz) a tvoří tzv. klec. Tato klec je spojena spojovacími zkratovacími kruhy (měď, mosaz, hliník) nakrátko – **asynchronní stroj s kotvou nakrátko**,
- rotorové trojfázové vinutí. Toto vinutí je většinou trvale zapojeno do hvězdy a jeho zbývající tři konce jsou vyvedeny na tři sběrací kroužky, které jsou izolovaně upevněny na hřídeli. Na kroužky dosedají uhlíkové kartáče, které jsou usazeny v držácích kartáčů. Kartáče jsou vodivě připojeny na tři svorky rotorové svorkovnice, která bývá umístěna na předním ložiskovém štítu – **asynchronní stroj s kotvou kroužkovou**. [12]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 20
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

6. Pracovní prostředí a konstrukční řešení

Při konstrukci strojů je třeba mít na paměti, že stroj může být uložen v různých pracovních podmínkách. Tím je myšleno déšť, sucho, teplo, zima, prašnost a mnoho jiných aspektů, které by neměly mít na funkci stroje a jeho práci vliv. Proto je třeba tyto podmínky znát už při počátečním návrhu stroje, aby se mohla konstrukce stroje přizpůsobit danému pracovnímu prostředí a podmínkám, které zákazník požaduje. Proto si zákazník zadává přesné parametry, které by měl hotový stroj mít.

Mezi tyto parametry patří:

- chlazení,
- krytí.

Dále je rozdílné, zda stroj pracuje neustále pod plným zatížením anebo je zapnut jen určitou dobu během dne nebo během hodiny. Tento aspekt nám udává zatěžovatel stroje, který je důležitý především pro projekční oddělení. A to z důvodu dimenzování statorového, případně rotorového vinutí stroje.

6.1 Chlazení [2]

Při práci každého elektrického stroje se uvolňuje tepelná energie. Tuto energii je třeba ze stroje odvádět, aby nedošlo k jeho přehřátí. Podle velikosti této tepelné energie, jejíž hodnota je dána různými faktory, je třeba použít patřičně nadimenzované chlazení. Způsob provedení chlazení určuje použitý systém chlazení a ventilace, umístění ventilátoru a způsob nasávání chladicího media – chladiva.

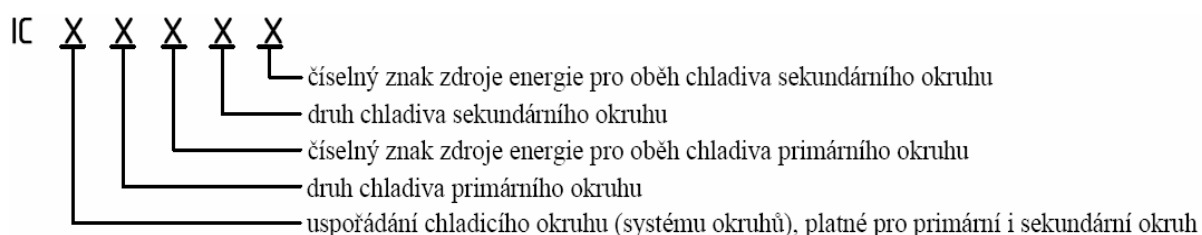
Tepelná energie vzniká v různých částech stroje, jmenovitě průchodem proudu vinutím statoru, dále průchodem proudu rotorovým vinutím a svou roli zde hraje i průběh magnetických siločar a zatížení stroje.

Systém chlazení stroje se označuje písmeny IC (**I**nternational **C**ooling), za nimiž je písmeny a číslicemi určen způsob oběhu chladiva a zdroj energie pro oběh chladiva. Má-li stroj dva chladicí okruhy, následuje za písmeny IC označení primárního okruhu a poté označení sekundárního okruhu.

Je definováno úplné i zjednodušené označení. Systém úplného označení se používá jen tehdy, nelze-li použít zjednodušené označení.

Systém označování:

- první číslice označuje uspořádání chladicího okruhu (systému okruhů), platné pro primární i sekundární okruh
- každý okruh je označen písmenem vyznačujícím druh chladiva, dále číslicí vyznačující způsob uvádění chladiva do pohybu
- písmeno a číslice primárního chladiva předchází znaky sekundárního chladiva.



Obr. 7: Kód chlazení

6.1.1 Charakteristická číslce označující uspořádání chladicího okruhu

Charakteristická číslce následující bezprostředně za základním symbolem „IC“, označuje uspořádání okruhu pro oběh chladiva a přenos tepla ze stroje a její význam definuje Tab. 1.

Tab. 1

Charakteristická číslce	Stručný popis	Definice
0	Oběh s volným vnějším prouděním	Chladivo vtéká do stroje přímo z okolního prostředí, ochlazuje stroj a vrací se přímo do okolního prostředí (otevřený okruh).
1	Oběh se vstupním potrubím nebo kanálem	Chladivo se přivádí do stroje z prostředí odlehleho od stroje vstupním potrubím nebo kanálem, prochází strojem, ochlazuje jej a vrací se přímo do okolního prostředí (otevřený okruh)
2	Oběh s výstupním potrubím nebo kanálem	Chladivo vtéká do stroje přímo z okolního prostředí, ochlazuje stroj a odvádí se ze stroje výstupním potrubím nebo kanálem do prostředí odlehleho od stroje (otevřený okruh).
3	Oběh se vstupním a výstupním potrubím nebo kanály	Chladivo se přivádí do stroje z prostředí odlehleho od stroje vstupním potrubím nebo kanálem, prochází strojem, ochlazuje jej a odvádí se ze stroje výstupním potrubím nebo kanálem do prostředí odlehleho od stroje (otevřený okruh).
4	Chlazení povrchem kostry	Primární chladivo obíhá v uzavřeném okruhu ve stroji a přijaté teplo (spolu s teplem vedeným jhem satoru a ostatními částmi) se přenáší přes vnější povrch stroje do konečného chladiva, jímž je okolní prostředí. Povrch stroje může být hladký nebo žebrovaný, bez vnějšího pláště nebo s ním, obojí za účelem zvýšení přenosu tepla.
5	Výměník tepla v celku stroje (využívající okolní prostředí)	Primární chladivo obíhá v uzavřeném okruhu a předává přijaté teplo prostřednictvím výměníku tepla do konečného chladiva, jímž je okolní prostředí. Výměník tepla je vestavěn do celku stroje.
6	Výměník tepla nasazený na stroj (využívající okolní prostředí)	Primární chladivo obíhá v uzavřeném okruhu a předává přijaté teplo prostřednictvím výměníku tepla do konečného chladiva, jímž je okolní prostředí. Samostatný výměník tepla je nasazen přímo na stroj.
7	Výměník tepla v celku stroje	Primární chladivo obíhá v uzavřeném okruhu a předává přijaté teplo prostřednictvím výměníku

	(využívající chladivo z odlehleho prostředí)	tepla do sekundárního chladiva, jímž je odlehle prostředí. Výměník tepla je vestavěn do celku stroje.
8	Výměník tepla nasazený na stroj (využívající chladivo z odlehleho prostředí)	Primární chladivo obíhá v uzavřeném okruhu a předává přijaté teplo prostřednictvím výměníku tepla do sekundárního chladiva, jímž je odlehle prostředí. Samostatný výměník tepla je nasazen přímo na stroj.
9	Oddělený výměník tepla (využívající okolní nebo odlehle prostředí)	Primární chladivo obíhá v uzavřeném okruhu a předává přijaté teplo prostřednictvím výměníku tepla do sekundárního chladiva, jímž je buď okolní, nebo odlehle prostředí. Samostatný výměník tepla je umístěn odděleně od stroje.

6.1.2 Charakteristická písmena označující druh chladiva

Chladivo se označuje jedním z charakteristických písmen, jejichž význam je definován v Tab. 2.

Tab. 2

Charakteristické písmeno	Chladivo
A ¹⁾	vzduch
F	freon
H	vodík
N	dušík
C	oxid uhličitý
W	voda
U	olej
S ²⁾	jiný druh chladiva
Y ³⁾	chladivo dosud nestanovené

¹⁾ je-li vzduch jediným chladivem, nebo je-li v případě dvou chladiv buď jedním, nebo oběma chladivy, vynechává se ve zjednodušeném označení písmeno „A“ označující vzduch (případně u obou vzduchových okruhů).

²⁾ použije-li se charakteristické písmeno „S“ je nutno někde jinde určit druh chladiva, např. v technické nebo obchodní dokumentaci.

³⁾ dočasně uvedené „Y“ je nutno nahradit příslušným charakteristickým písmenem, jakmile je chladivo stanoveno s konečnou platností.

6.1.3 Charakteristická číslce označující způsob uvádění chladiva do pohybu

Charakteristická číslce, která následuje (při úplném značení) po každém písmenu označujícím druh chladiva, určuje způsob uvádění příslušného chladiva do pohybu. Význam číslce je definován Tab. 3.

Tab. 3

Charakteristická číslce	Stručný popis	Definice
0	Přirozená konvekce	Chladivo proudí jen vlivem rozdílu teplot. Ventilační účinek rotoru je zanedbatelný.
1	Samobuzený oběh chladiva	Proudění chladiva, vyvozené z otáčení rotoru hlavního stroje, je způsobeno buď otáčením rotoru samého, nebo působením tlakového zdroje k tomu účelu navrženého a upevněného přímo na rotoru hlavního stroje anebo pomocí ventilačního, případně čerpacího agregátu mechanicky poháněného rotorem hlavního stroje.
2,3,4		Rezervováno pro další použití.
5	Nezávislý tlakový zdroj vestavěný do stroje	Chladivo proudí působením tlakového zdroje vestavěného do stroje, přičemž funkce zdroje nesouvisí s otáčením hlavního stroje; např. vestavěný ventilační, případně čerpací agregát s vlastním elektromotorem.
6	Nezávislý tlakový zdroj nasazený na stroj	Chladivo proudí působením tlakového zdroje nasazeného na stroj, přičemž funkce zdroje nesouvisí s otáčením hlavního stroje; např. nasazený ventilační, případně čerpací agregát s vlastním elektromotorem.
7	Nezávislý tlakový zdroj oddělený od stroje nebo autonomní tlakový systém chladiva	Proudění chladiva vyvolává elektrické nebo mechanické tlakové zařízení se strojem nesouvisející a na něm nezávislé, nebo proudění způsobuje tlak v samostatném rozvodném systému chladiva, např. ve vodovodní nebo plynovodní distribuční síti.
8	Relativní ohyb stroje vůči okolnímu prostředí	Pohyb chladiva vyplývá z relativního pohybu mezi strojem a chladičem, buď pohybem stroje v chladiči nebo pohybem chladiče obklopujícího stroj (vzduchu nebo jiné tekutiny).
9	Ostatní zdroje proudění	Pohyb chladiva není vyvolán způsobem, který se řadí mezi uvedené shora a který je nutno výstižně popsat.

Podrobnější informace a další různé způsoby označování chlazení jsou uvedeny v normě ČSN EN 60034–6.

Příklad úplného označení chlazení stroje:

I C 8 A 1 W 7

IC	International Cooling
8	výměník tepla nasazený na stroj (využívající chladivo z odlehleho prostředí)
A	chladivo – vzduch
1	samobuzený oběh chladiva
W	chladivo – voda
7	nezávislý tlakový zdroj oddělený od stroje nebo autonomní tlakový systém chladiva

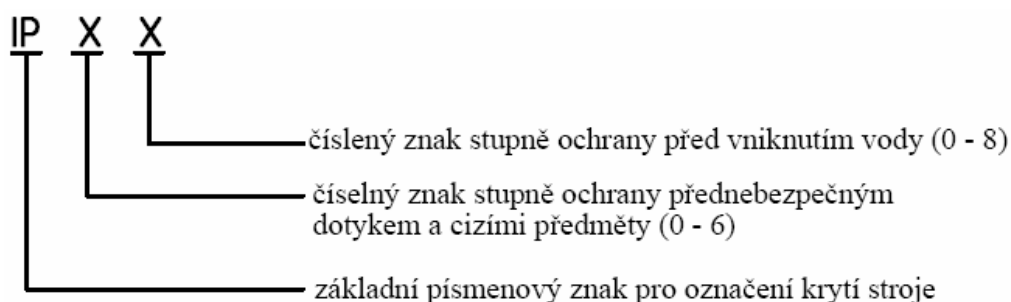
Příklad zjednodušeného označení chlazení stroje:

I C 8 1 W 7 (písmeno A – chladivo vzduch – se může vynechat).

6.2 Krytí [4]

Podle pracovního prostředí stroje si musí uživatel zvolit i krytí stroje. Krytí se dá také charakterizovat jako ochrana proti vniku cizích předmětů dovnitř stroje, proti dotyku živých částí (pod napětím) a točících se částí, které se nacházejí uvnitř stroje.

Krytí se určuje písmenovým a číslicovým znakem, který se skládá ze dvou písmen a dvou číslic. Charakteristická písmena jsou **IP** (**I**nternational **P**rotection). Dále následují dvě charakteristické číslice. První charakteristická číslice označuje stupeň ochrany poskytovaný krytem osobám a částem stroje uvnitř krytu. Druhá charakteristická číslice označuje stupeň ochrany poskytovaný krytem s ohledem na škodlivé účinky způsobené vniknutím vody. Významy těchto číslic jsou vysvětleny v následujících kapitolách.



Obr. 8: Kód krytí

6.2.1 První charakteristická číslice

První charakteristická číslice označuje stupeň ochrany poskytovaný krytem osobám a částem stroje uvnitř krytu dle Tab. 4.

Tab. 4

Charakteristická číslice – I	Stupeň ochrany	
	Stručný popis	Definice
0	Nechráněný stroj	Žádná zvláštní ochrana.
1	Stroj chráněný před pevnými tělesy většími než 50 mm	Nahodilý nebo neúmyslný dotyk s živými a pohyblivými částmi nebo přiblížení se k těmto částem uvnitř krytu velkou plochou lidského těla, jako je ruka (avšak bez ochrany před úmyslným přístupem). Vniknutí pevných těles o průměru > 50mm
2	Stroj chráněný před pevnými tělesy většími než 12 mm	Dotyk s živými nebo pohyblivými částmi nebo přiblížení se k těmto částem uvnitř krytu prsty nebo podobnými tělesy o délce nepřesahující 80 mm. Vniknutí pevných těles o průměru > 12 mm
3	Stroj chráněný před pevnými tělesy většími než 2,5 mm	Dotyk s živými nebo pohyblivými částmi nebo přiblížení se k těmto částem uvnitř krytu nástroji nebo dráty o průměru větším než 2,5 mm. Vniknutí pevných těles o průměru > 2,5 mm
4	Stroj chráněný před pevnými tělesy většími než 1mm	Dotyk s živými nebo pohyblivými částmi nebo přiblížení se k těmto částem uvnitř krytu dráty nebo pásky o tloušťce > 1mm. Vniknutí pevných těles o průměru > 1mm
5	Stroj chráněný před prachem	Dotyk s živými nebo pohyblivými částmi nebo přiblížení se k těmto částem uvnitř krytu Vniknutí prachu se zcela nezabrání, nevnikne však tak velké množství prachu, které by narušilo správnou činnost stroje.
6	Prachotěsné	Vniknutí prachu je zcela zabráněno.

6.2.2 Druhá charakteristická číslice

Druhá charakteristická číslice označuje stupeň ochrany poskytovaný krytem s ohledem na škodlivé účinky způsobené vniknutím vody dle Tab. 5.

Tab. 5

Charakteristická číslice – II	Stupeň ochrany	
	Stručný popis	Definice
0	Nechráněný stroj	Žádná zvláštní ochrana
1	Stroj chráněný před svisle kapající vodou	Kapající voda (svisle padající kapky) nesmí mít žádné škodlivé účinky
2	Stroj chráněný před kapající vodou při náklonu o 15°	Svisle kapající voda nesmí mít žádné škodlivé účinky, jestliže je stroj nakloněn v jakémkoliv úhlu do 15° od své normální polohy
3	Stroj chráněný před kropením vodou	Voda rozstříkovaná pod úhlem do 60° od svislice nesmí mít žádné škodlivé účinky
4	Stroj chráněný před stříkající vodou	Voda stříkající proti stroji z jakéhokoliv směru nesmí mít žádné škodlivé účinky
5	Stroj chráněný před tryskající vodou	Voda tryskající z trysky proti stroji z jakéhokoliv směru nesmí mít žádné škodlivé účinky
6	Stroj chráněný před vlnobitím	Vlnobití nebo intenzivně tryskající voda nesmí vniknout do stroje v množství, které by mělo škodlivé účinky
7	Stroj chráněný před účinky dočasného ponoření	Voda nesmí vniknout do stroje v množství, které by mělo škodlivé účinky, je-li stroj ponořeno do vody za stanovených podmínek tlaku a času
8	Stroj chráněný před účinky trvalého ponoření	Stroj je vhodný pro trvalé ponoření do vody za podmínek, které musí stanovit výrobce

6.3 Pojem krytí a chlazení pro zadání diplomové práce

Jak je stanoveno v zadání je předmětem diplomové práce Katalogizace asynchronních motorů s chlazením **IC410** (hladká kostra), s krytím **IP55** a **IP66**. Proto zde vysvětlím dané značení chlazení IC410 a krytí IP55 a IP66.

Chlazení:

IC410 zjednodušené označení
IC4A1A0 úplné označení

IC	označení kódu písmeny (International Cooling)
4	chlazení povrchem stroje
A	primární chladivo vzduch – v označení se nemusí uvádět
1	samobuzený oběh chladiva – otáčením rotoru
A	sekundární chladivo vzduch – v označení se nemusí uvádět
0	přirozená konvekce

Krytí:

IP 55

IP	označení kódu písmeny (International Protection)
5	stroj chráněný před prachem
5	stroj chráněný před tryskající vodou všemi směry

IP 66

IP	označení kódu písmeny (International Protection)
6	stroj je prachotěsný
6	nedojde k poškození stroje trvalým ponořením do vody

6.4 Zatížení – zatěžovatel [3]

Zatěžovatel – poměr doby zatížení, včetně rozběhu a elektrického brzdění a doby trvání pracovního cyklu, vyjádřený v procentech.

Druh zatížení – trvalé, krátkodobé nebo pravidelné zatížení, zahrnující jedno nebo více zatížení, která zůstávají konstantní po stanovenou dobu, nebo nepravidelné zatížení, při němž se obecně zatížení a otáčky mění v dovoleném pracovním rozsahu.

Průběh zatížení – stanovení zatížení, kterému (kterým) je stroj podroben, včetně rozběhu, elektrického brzdění, doby chodu naprázdno a doby odpojení a klidu, pokud přicházejí v úvahu, a to včetně jejich trvání a časové posloupnosti.

Určení průběhu zatížení je věcí odběratele. Odběratel může popsat průběh zatížení jedním z těchto způsobů:

- číselně, v případech, kdy se zatížení nemění nebo se mění známým způsobem,
- jako graf časového sledu proměnných veličin,
- volbou jednoho druhu zatížení S1 – S10, který není méně obtížný než předpokládaný druh zatížení.

7. Standardní specifikace motorů [13]

7.1 Úvod

Tato specifikace zahrnuje minimální požadavky na indukční motory nn s kotvou nakrátko. Nízké napětí v této specifikaci znamená napětí nižší než 1000 V.

Zde vyznačené požadavky doplňují datové listy motorů, v nichž jsou detailně uvedeny provozní podmínky a jakékoliv speciální požadavky.

Zkratky a definice

KUPUJÍCÍ	„zákazník“ – název je předmětem obchodního tajemství
PRODÁVAJÍCÍ	TES VSETÍN, s.r.o.
AC	Alternating Current (střídavý proud)
CT	Current Transformer (proudový transformátor)
DC	Direct Current (stejnoseměrný proud)
LV	Low Voltage (nízké napětí, nn), do 1000 V
PTC	Positive Temperature Coefficient Thermistor (termistor s kladným teplotním součinitelem)
RTD	Resistance Temperature Detector (odporové teplotní čidlo)

Vyhovění PRODÁVAJÍCÍHO motorů požadavkům této specifikace jej nezavazuje odpovědnosti za dodávání motorů a příslušenství správné konstrukce a připravených k instalaci a provozu, elektricky a mechanicky vhodných k tomu, aby vyhověly provozním zárukám při specifikovaných provozních podmínkách.


7.2 Zákony a normy

Motory nn musí být konstruovány, vyráběny, instalovány a zkoušeny (jakož i předběžně přebírány a převzaty) v souladu s posledním vydáním následujících norem:

IEC / EN	International Electrotechnical Commission
ISO	International Standards Organisation
SI	International System of Units

Pokud by měly, dle názoru PRODÁVAJÍCÍHO, vzniknout rozpory mezi příslušnými normami a zákony, musí být KUPUJÍCÍ na tyto rozpory upozorněn se zřetelem k datovým listům KUPUJÍCÍHO a k této specifikaci. Pořadí důležitosti, jímž se řídí jak nabídkové řízení, jakož i objednávka, je následující:

- objednávka, smlouva a datové listy KUPUJÍCÍHO,
- tato specifikace,
- příslušné normy a zákony,
- nabídka PRODÁVAJÍCÍHO.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 31
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	


7.3 Odchylka od specifikace

Odchylka od této specifikace je přijatelná pouze pokud PRODÁVAJÍCÍ uvedl ve své cenové nabídce požadavky, kterým nemůže nebo si nepřeje vyhovět a KUPUJÍCÍ tyto odchylky písemně akceptoval před vystavením objednávky.

Není-li takového seznamu odchylek, předpokládá se, že PRODÁVAJÍCÍ zcela vyhovuje této specifikaci a objednávkám a datovým listům KUPUJÍCÍHO.

7.4 Ekologické a provozní podmínky

dle datových listů KUPUJÍCÍHO.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 32
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

8. Konstrukce [13]

8.1 Celková konstrukce

Přednost se dává standardní konstrukci a typům výrobního programu PRODÁVAJÍCÍHO, pokud splňují požadavky této specifikace a slouží k zamýšlenému použití.

Předpokládaná doba životnosti je 20 let, pokud se bude provádět servis, zprovoznování, manipulace, údržba atd. při dodržování příslušných příruček prodávajícího.

Motory musí být konstruovány pro požadovaný provoz po celou dobu životnosti za specifikovaných podmínek a jmenovitých hodnot po 24 hodin denně po celý rok, při dobách odstávky dle obvyklé průmyslové praxe, není-li specifikováno jinak v datových listech motoru.

Velikosti rámu motorů musí být dle IEC

8.2 Provozní požadavky

8.2.1 Všeobecně

Motory musí být schopny vydržet bez poškození vliv automatického opětného rozběhu následujícího po krátkodobém výpadku energie.

Motory musí být vhodné k restartu při plném opačném zbytkovém napětí. Tento požadavek by měl vyústit ve vysokou kvalitu konstrukce motoru s ohledem na koncovou podpěru vinutí statoru, připojení aktivního železného jádra rotoru k hřídeli a podpěry k aktivnímu železnému jádru statoru v kostře motoru. Konstrukce hřídele musí vycházet z maximálních přechodných krouticích momentů, které mohou vzniknout v případě dvou-či třífázového zkratu na svorkách motoru, není-li specifikováno jinak.


Všechny motory musí být vhodné k okamžité instalaci ve specifikované lokalitě a pohotovostním stavu. Musí být možno, aby byl motor mimo provoz po dobu maximálně 3 měsíců. Start motoru pak musí být možný bez provádění jakýchkoliv zkoušek (např. Mesetu, zkoušky otáčení atd.) před spuštěním.

8.2.2 Počet následných startů

dle datových listů kupujícího.

8.2.3 Startovní charakteristika

Start a rozběh motorů na jmenovité otáčky musí být zajištěn startovním setrvačným zatížením a krouticím momentem.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 33
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

8.2.4 Vibrace

Obecně platí nejnovější požadavky IEC pro meze vibrací a zkoušky.

Všechny motory musí mít rotory dynamicky vyvážené s půlperem. Ostatní typy spojovací úpravy nebo jiné vyvažovací metody viz datový list motoru, je-li k dispozici. Způsob vyvážení musí být uvedena na konci hřídele motoru

Není-li uvedeno jinak v datových listech motoru, nesmí mez rozkmitu (rychlost) vibrací přesáhnout 1,8 mm/s.

Nefiltrovaná dvojnásobná amplituda vibrací hřídele (vrchol – vrchol) – při jmenovitém napětí a kmitočtu nesmí překročit 50 μm .

8.2.5 Regulace hlučnosti

Meze úrovně hluku motorů za podmínek plného zatížení musí být dle hodnot uvedených v datových listech kupujícího.

Protihluková opatření, jsou-li nezbytná, je třeba dohodnout s kupujícím.

8.3 Požadavky na konstrukci

8.3.1 Kostra motoru

Všechny motory dodávané v souladu s touto specifikací musí splňovat požadavky podmínek prostředí, v němž mají být instalovány. Toto bude uvedeno ve specifikaci kupujícího.

Na vnějším povrchu motorů a také vinutí musí být provedeno odpovídající ochranné ošetření.

Všechny motory musí být bezpečně chráněny proti vniku a poškození jakýmkoliv škůdci.

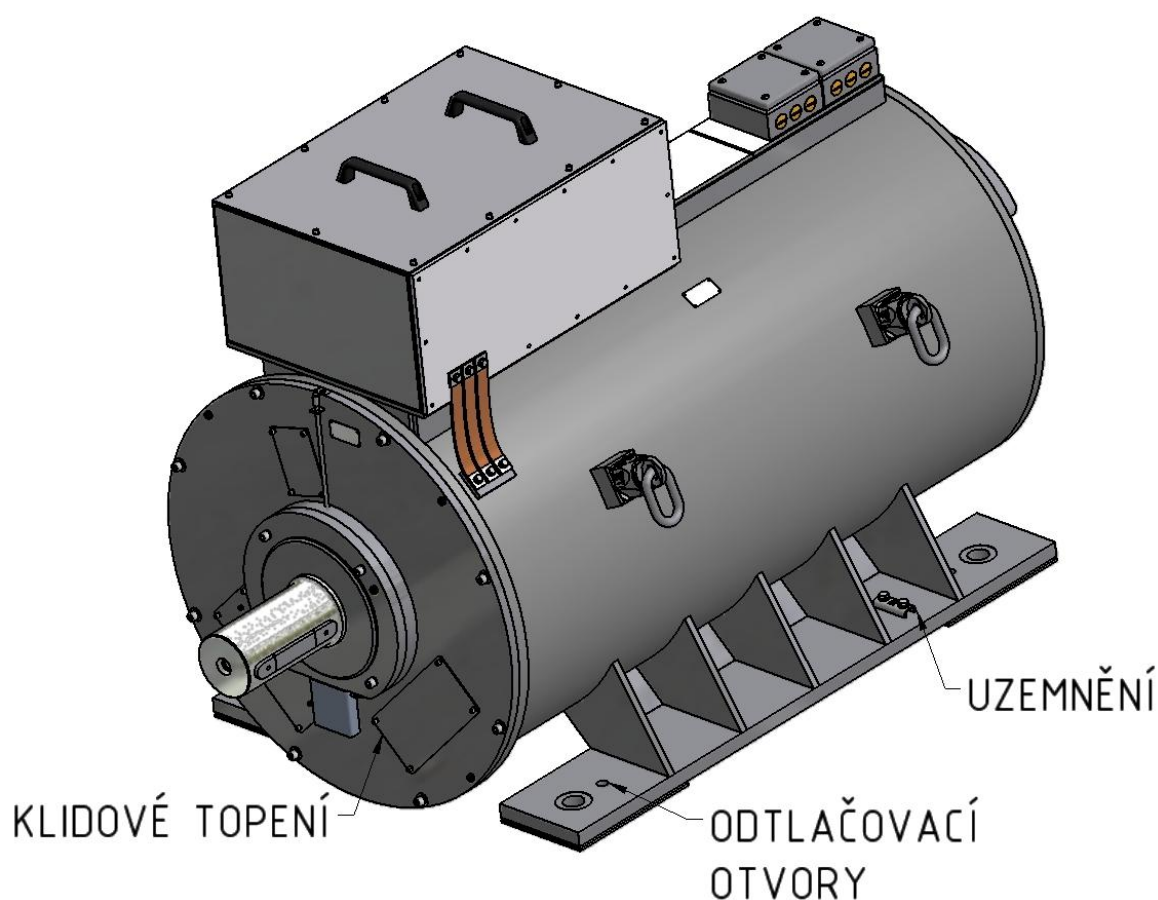
Vznik kondenzované vody uvnitř motoru a vtok vody musí být minimalizován (motory s krytím IP66 vyžadují topení nebo odvodňovací zátku).

Minimální stupeň ochrany je IP55, není-li stanoveno jinak.

Vertikálně montované motory se vstupem vzduchu na horní straně musí mít kryty kvůli vhodné ochraně proti průniku vody podél hřídele a proti průniku částic a odpadu.

Motory musí být opatřeny dvěma externími uzemňovacími můstky na bočním rámu (jedno vlevo a druhé vpravo).

Čtyři odtlačovací šrouby musí být poskytnuty v patách nebo přírubě motoru dle Obr. 9.



Obr. 9: Kostra motoru [17]

8.3.2 Skříň svorkovnice

Hlavní skříň svorkovnice musí být vyrobena z litiny nebo z ocelových plechů a dodána s vhodným počtem kabelových hrdel s metrickými závity dle ISO; obojí musí být koordinováno s KUPUJÍCÍM a jím schváleno. Nepoužité kabelové vstupy zaslepit kovovými zásepkami.

Všechny skříně svorkovnice musí obsahovat vnitřní, stabilní, vhodné svorky fázové a zemní pro připojení vodičů PE a propojení pancéřování kabelů a stínění.

Hlavní skříň svorkovnic musí mít pevnou konstrukci a měla by umožňovat jednoduché připojení a odpojení kabelů. Musí poskytovat dostatečný prostor pro připojování kabelů.

Není-li specifikováno jinak, hlavní skříně svorkovnic i svorkové skříňky pro vnitřní kabeláž, jsou-li takové, musí být umístěny na horní straně, se vstupem kabelů vpravo při pohledu na hnací konec motoru.

Hlavní skříně svorkovnic motorů nn musí být otočné o 180°, aby umožnily připojení kabelů adekvátně zleva i zprava.

Skříně svorkovnic musí být konstruovány tak, aby zabránily vniknutí mechanických částí dovnitř motoru při práci uvnitř svorkovnice.

Všechny součásti vhodné pro připojení kabelů, např. kabelová hrdla, zařízení svorkovnic, musí být v souladu s IEC a dodávány s motorem a chráněny proti uvolnění v důsledku vibrací a zvýšení teploty.

Skříň svorkovnic a deska vývodek musí být adekvátně uzemněná k rámu motoru pomocí stáčených uzemňovacích vodičů s minimálním průřezem 50 mm².

Jsou-li použity jednožilové kabely, musí být deska hrdel z nemagnetického materiálu.

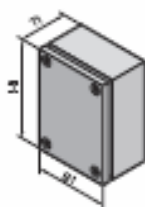
Všechny skříně svorkovnic musí mít ochranu proti průniku minimálně IP55.

Je-li vyžadováno, musí být poskytovány zvláště velké skříně svorkovnic.

Blok svorek pomocné skříně svorkovnic musí být zn. Phoenix, Kriwan nebo obdobné. Trvalé a jasné značení svorkovnic musí odpovídat IEC. Uvnitř pomocných svorkovnic musí být k dispozici zemnicí konektor.

Pomocné svorkovnice pro monitorovací zařízení (PT 100, tachodynamo) musí být odděleny od pomocných svorkovnic externě napájeným zařízením (topení nebo cizí ventilace) dle Obr. 11

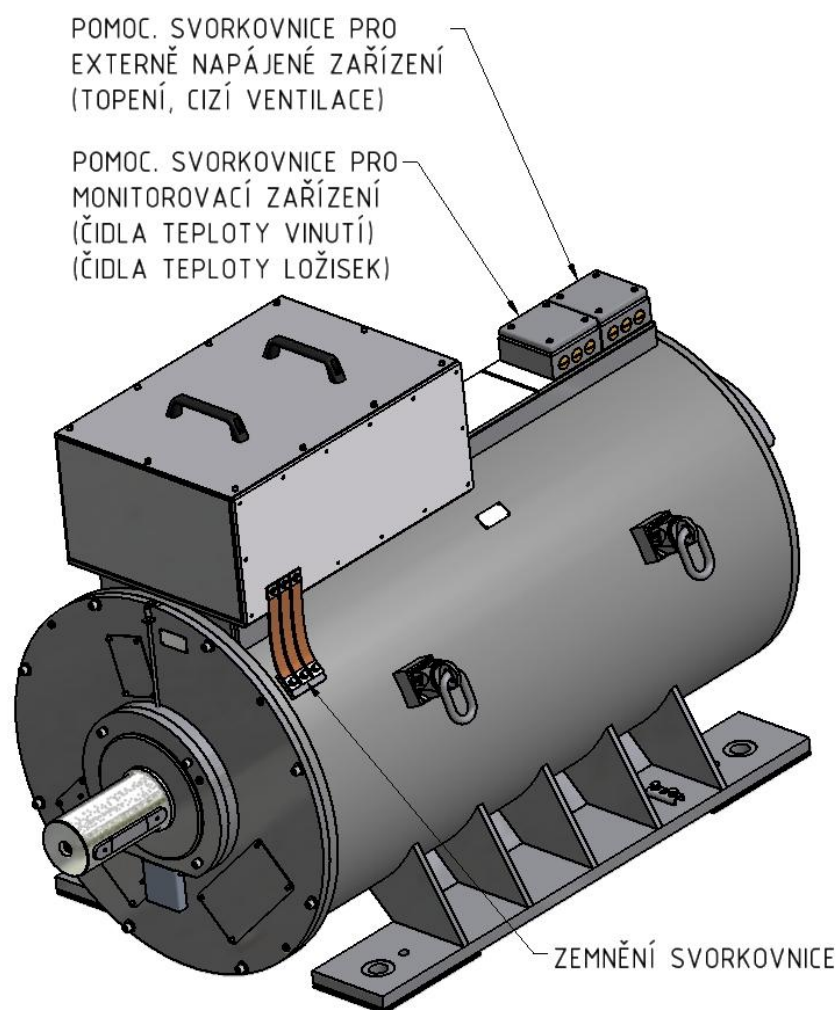
Pomocná svorkovnice používaná pro asynchronní motory dle Obr. 10. [20]



Šířka (B1) mm	Balení	150
Výška (H1) mm		150
Hloubka (T1) mm		80
Obj. čís. KL	1 ks	1514.510
Hmotnost (kg)		1,4
Příslušenství		
Montážní deska	1 ks	1560.700
Nosná lišta TS 35/7,5	10 ks	2314.000
Nosná lišta TS 35/15	10 ks	–
Držák krytu	3 páry	1591.000
Závěs krytu	6 ks	1592.000
Uzemňovací souprava	5 ks	2570.100

Obr. 10: Pomocná svorkovnice

Označení dle katalogu RITTAL: **KL 1514.510**



Obr. 11: Skříň svorkovnice [17]

8.3.3 Chlazení


Chlazení motorů s konstantní rychlostí musí být provedeno ventilátorem poháněným od hřídele, vhodným k obousměrnému otáčení. Kde je nezbytné pořídit jednosměrný ventilátor, je nutné uvést tuto podmínku na výkresech motoru, datovém listu a šipkou na pouzdře motoru.

Motory s proměnnou rychlostí mohou mít nezávislé, motoricky poháněné ventilátory, je-li to vyžadováno.

Napájecí napětí je specifikováno na datových listech KUPUJÍCÍHO. Vodiče musí být vyvedeny do samostatné skříňky svorkovnic. Může být použita skříňka svorkovnic pro připojení vyhřívání prostoru.

Metody chlazení musí být uvažovány jako TEFC (Totally Enclosed-Fan Cooled = zcela uzavřený-chlazený ventilátorem).

Materiálem chladicího ventilátoru musí být hliník.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 37
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

8.3.4 Izolační systém a vinutí

Obecně, izolační systém a vinutí by mělo být takové, aby garantovalo uspokojivý chod motoru při zadaných provozních podmínkách. Především, izolační systém by měl být odolný vůči vlhkosti, hlodavcům, plísni, páře a plynům vyskytujícím se u aplikací do hutí. Musí být odolné také proti znečištění prachem, olejem a tukem.

Motory by měly mít dodavatelem ověřený standardní izolační systém podle třídy F nebo H. Oteplení při plném zatížení by mělo být limitováno do hodnoty, kterou uvede kupující ve své specifikaci.

Vinutí motoru by mělo být schopno vydržet restart při zbytkovém napětí 100% nominální hodnoty a v protifázi.

Zapojení 3 – fázového vinutí je buď do hvězdy, nebo do trojúhelníku. Všechny motory by měly mít všech 6 konců vinutí vyvedených do hlavní svorkovnice pro všechny typy motoru ke vhodnému zapojení. Star-point bude přístupný jen pro měřicí účely.

Motory s proměnlivými otáčkami by měly být odolné vůči dodatečnému napět'ovému namáhání. Spolupráce s kupujícím je v tomto případě nutná.

Motory by měly být vhodné pro specifikované startovací metody např. DOL, spuštění z měniče) ve shodě se specifikací motoru.

8.3.5 Ložiska, mazání ložisek

Ložiska by měla být valivá, jako je požadováno a prověřeno u aktuálních aplikací.

Všechny valivé části ložisek by měly mít kovové klece. Umělohmotné klece jsou neakceptovatelné.

Kuličková a válečková ložiska by měly mít klece vhodné pro vysokootáčkový provoz a měly by mít standardní velikost, metrickou velikost pokud možno. Tato ložiska by měla být přizpůsobena pro životnost nejméně 40 000 hodin pro provoz v nynějších aplikacích a měly by počítat se všemi dodatečnými silami (např. vertikální motory, dle specifikace kupujícího).

Pro všechny motory, kuličková a válečková ložiska by měla být dodávána s domazávacími hlavicemi. Dále taky pojistný ventil (odpad tuku), který automaticky odejme starý tuk z ložisek. Servisní intervaly, množství a kvalita maziva bude označena na štítcích. Servis domazávání nebude vyžadovat odstavení motoru.

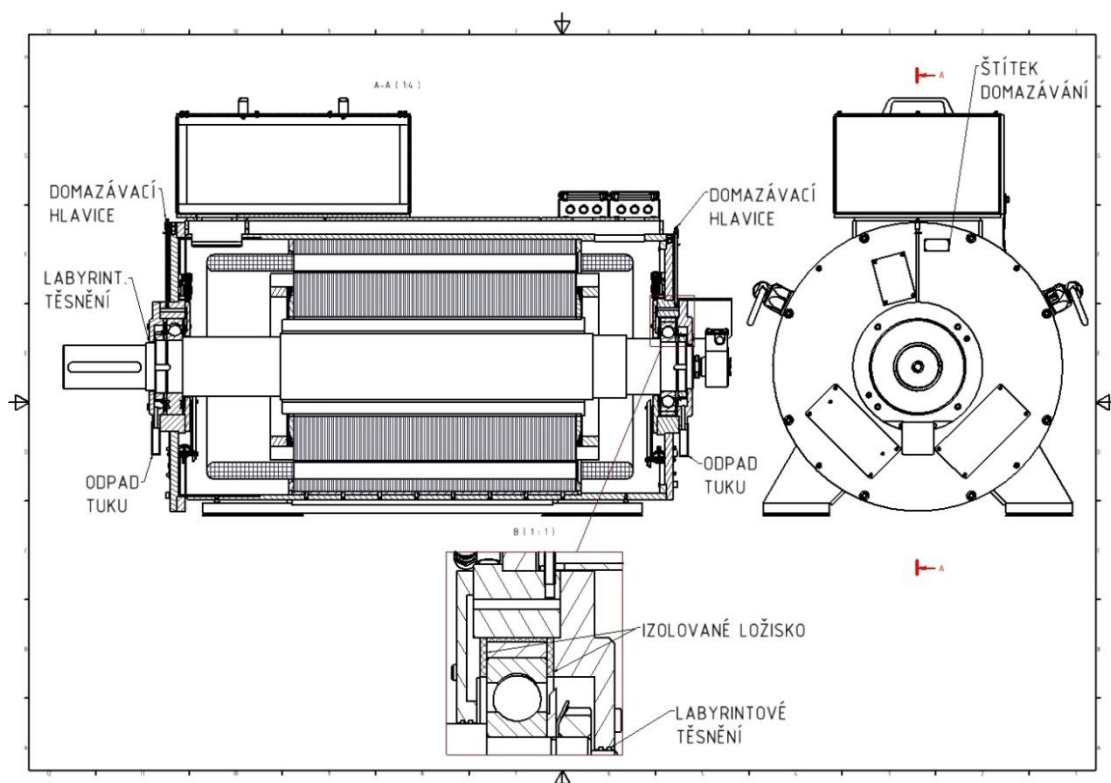
Mazivo bude na bázi lithia, bude vyhovující kvality a bude odpovídat provozní teplotě a dalším požadavkům projektu.

Všechny motory budou vybaveny vyhovujícím těsněním za účelem zabránění přístupu vlhkosti kolem hřídele, složek maziva motoru, stejně jako úniku maziva z ložiskového pouzdra.


Vertikální motory budou konstruovány tak, aby bylo zabráněno vstupu vody a prachu ložiskovým těsněním.

Množství a kvalita používaných maziv a všechny další provozní informace považované za nezbytné, budou prodávajícím definovány v jeho provozních instrukcích.

Pokud není specifikováno jinak, ložisko na straně NDE (opačná strana než je pohon) musí být izolované dle Obr. 12.



Obr. 12: Ložiska, mazání ložisek [17]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 39
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

8.3.6 Zapojení a spojky

Pokud není specifikováno jinak, všechny motory budou zapojeny přímo s poháněným zařízením.

Typ spojení rotoru a spojky bude udána v datovém listu motoru.

Pokud je požadováno, prodávající namontuje vyváženou spojku dodanou výrobcem pohonu.

Detaily musí být vyjasněny min. 3 měsíce před dodávkou.

8.4 Speciální design, doplňky

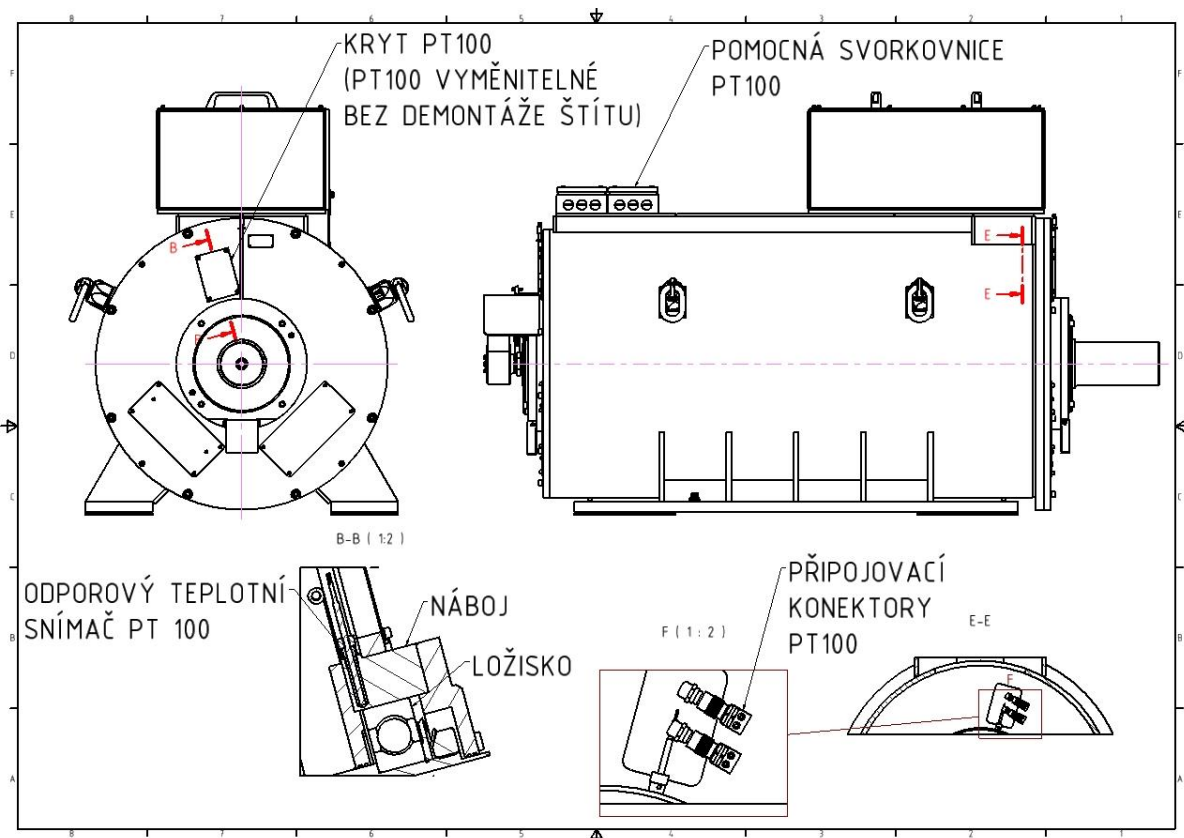
8.4.1 Ochrana vinutí

Je-li stanoveno v datovém listě kupujícího, NN-motory, určené pro těžké aplikace, anebo různé frekvenční provozy, budou vybaveny třemi termistory ve vinutí statoru, které budou sériově zapojeny na svorky. Termistory pro motory s variabilní rychlostí by měly být vyhovující pro možné napěťové špičky. Vývody termistorů budou umístěny ve zvláštní svorkovnici.

Je-li stanoveno v datovém listě kupujícího, NN-motory, určené pro těžké aplikace, anebo různé provozy, budou vybaveny třemi nebo šesti odporovými teplotními detektory, typu PT100 (3 dráty zapojení) ve vinutí statoru, které budou zapojeny v pomocné svorkovnici.

8.4.2 Ochrana ložisek

Je-li stanoveno v datovém listě kupujícího, NN-motory, určené pro těžké aplikace, anebo různé frekvenční provozy, budou vybaveny jedním nebo dvěma odporovými teplotními detektory, typu PT100 (3dráty zapojení) v každém ložisku, které budou zapojeny v pomocné svorkovnici. Svorkovnice může být společná také pro zapojení teplotního čidla z vinutí. Musí být zajištěna vhodná mechanická ochrana PT100 čidel dle Obr. 13.



Obr. 13: Ochrana ložisek [17]



DIPLOMOVÁ PRÁCE

PT 100 JUMO – používané pro měření teploty ložisek asynchronních motorů
Dle Obr. 15[19]



Obr. 14 PT 100 JUMO

M. K. JUCHHEIM GmbH & Co., Moltkestraße 13-31, D - 36039 Fulda, Tel.: 0049 661 6003-724
JUMO Meß- und Regelgeräte GmbH, Pfarrgasse 48, A - 1232 Wien, Tel.: 0043 1 610 61-0
JUMO měření a regulace, s.r.o., Šumavská 31, CZ - 612 54 Brno, Tel.: 00420 5 41321113
JUMO meranie a regulácia, s.r.o., Púchovská 8, SK - 831 06 Bratislava, Tel.: 00421 2 44871676



www.jumo... (de.at.cz.sk)

Typový list 90.2109

Strana 3/3

Objednávacie údaje: Odporový teplomer s bajonetovým uzáverom

(1) Základné prevedenie	
902109/10	Odporový teplomer, ochranná trubka a merací špic (plochý) z nerez, mat.-č. 1.4571
902109/20	Odporový teplomer, ochranná trubka z nerez, mat.-č. 1.4571, merací špic (120°) keramika, KER 221
902109/30	Odporový teplomer, ochranná trubka a merací špic (plochý) z nerez, mat.-č. 1.4571
(2) Merací rozsah v °C / prípojné vedenie	
x x x 380	-50...+200°C / silikón
x x x 386	-50...+260°C / teflón
x x x 388	-50...+260°C / opletenie kovom
x x x 397	-50...+350°C / opletenie kovom
(3) Šnimač	
x x x 1001	1 x Pt 100, trojvodič
x x x 1003	1 x Pt 100, dvojvodič
x x x 2003	2 x Pt 100, dvojvodič
(4) Trieda presnosti podľa DIN EN 60 751	
x x x 1	Trieda B (standard)
x x x 2	Trieda A
(5) Priemer ochrannej trubky D v mm	
x x 6	Ø 6 mm
x x 8	Ø 8 mm
(6) Ponor EL v mm	
x 85	20...85mm
x 175	20...175mm
x 185	25...185mm
(7) Ukončenie prípojného vedenia	
x x x 03	voľné konce
x x x 11	ukončenie podľa DIN 46 228 časť 4 (standard)
x x x 13	dutinka 6,3 podľa DIN 46 247
x x x 90	viacpólový konektor (typ udaf presne)
(8) Prípojné vedenie AL v mm (600s AL 5600000)	
x x x 2500	2500mm
x x x ...	Iné (stuňovanie 500mm)
(9) Typové dodatky	
x x x 000	bez typového dodatku
x x x 302	bajonetový uzáver Ø 15mm
x x x 303	bajonetový uzáver Ø 16mm
x x x 317	prípojné vedenie tienené

Obj. kľúč: (1) - (2) - (3) - (4) - (5) - (6) - (7) - (8) - (9) ...
Obj. príklad: 902109/10 - 397 - 1003 - 1 - 8 - 175 - 11 - 2500 / 000¹

1. Typové dodatky uviesť za sebou a oddeliť čarkou

Upozornenie: Bajonetové protikusy vid' typový list 90.9725

Skladové prevedenia:

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	Objednáv. číslo:
902109/10	- 397	- 1003	- 1	- 8	- 175	- 11	- 2500	/ 000	90/00055797
902109/10	- 388	- 1003	- 1	- 6	- 175	- 11	- 2500	/ 000	90/00055798
902109/20	- 388	- 1003	- 1	- 6	- 185	- 13	- 2500	/ 000	90/00055808

Obr. 15: Katalogový list PT 100

PT 100 používané v TES VSETÍN s.r.o. – označení dle katalogu JUMO:

902109/10 – 388 – 1001 – 1 – 6 – 175 – 11 – 5000/000

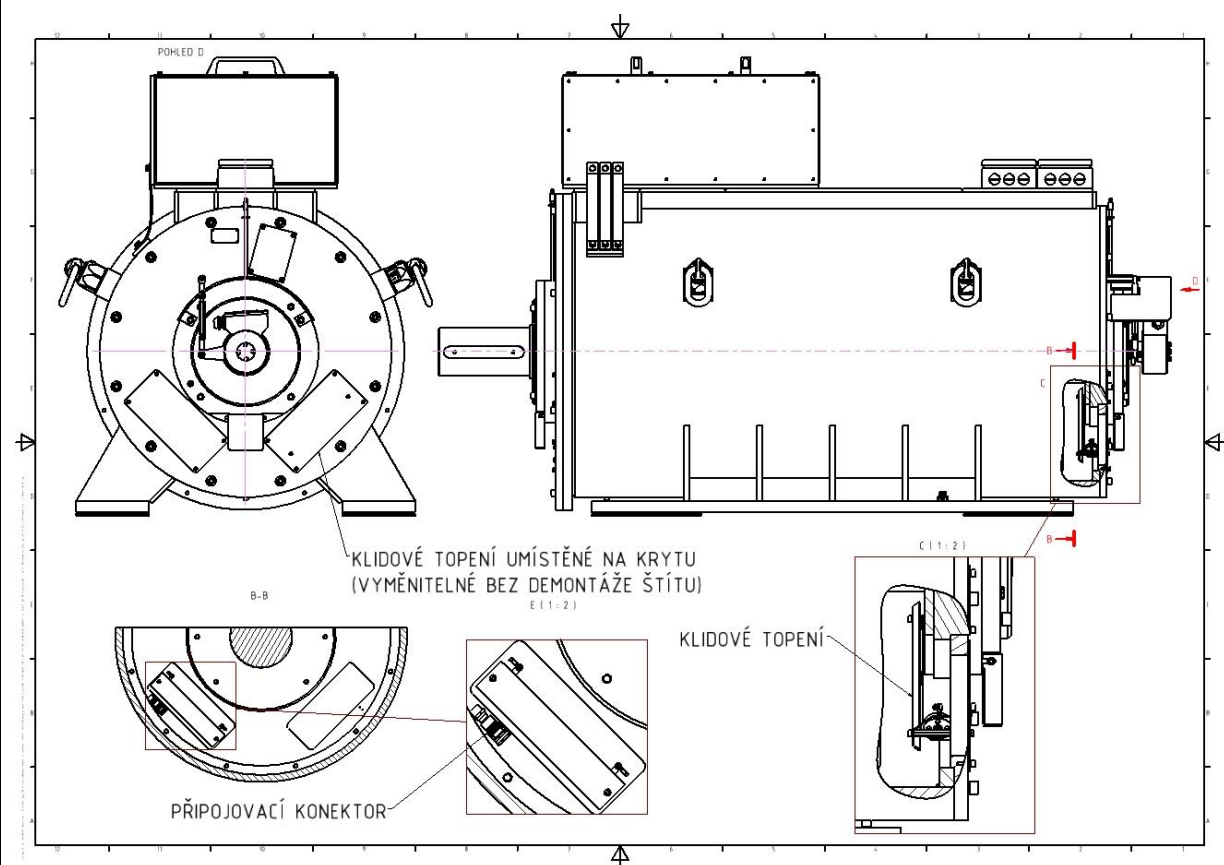
8.4.3 Anti-kondenzační topení [13]

Motory budou vybaveny anti-kondenzačním topením vhodného výkonu, pokud to je specifikováno v datovém listu motoru nebo pokud jsou požadovány z důvodu okolních podmínek. Dle Obr. 16.

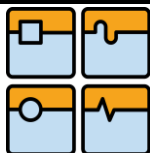
Topení bude obsahovat teplotní elementy (preferovaný typ: „tube“ typ topení) na straně DE a NDE (tepelné pásy nalepeny na čela cívek nejsou přípustné), přístupné a vyměnitelné bez demontáže štítu motoru.

Anti-kondenzační topení by mělo být zapojeno do samostatné pomocné svorkovnice s vhodnými kabelovými otvory / vývodkami.

Napájecí napětí je specifikováno v datovém listu kupujícího.



Obr. 16: Anti-kondenzační topení [17]



DIPLOMOVÁ PRÁCE

FW 40 – 200: klidové topení používané pro vyhřívání asynchronních motorů.
Dle Obr. 17 a Obr. 18.[18]

**Construction**

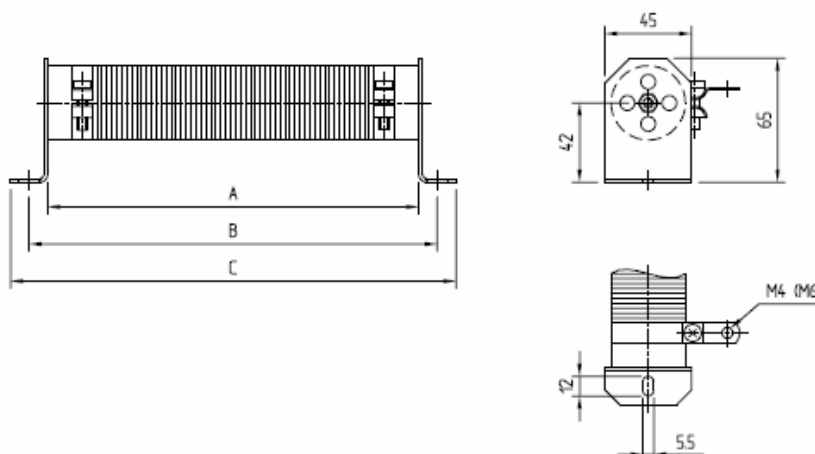
- Ceramic resistor carrier KER 410
- Resistance material CuNi44
- End- and tap clips made of brass nickleed
- Holding bolt, angle brackets or mounting plates, also nuts and conical spring washers made of electric zinc steel, plated blue

Execution

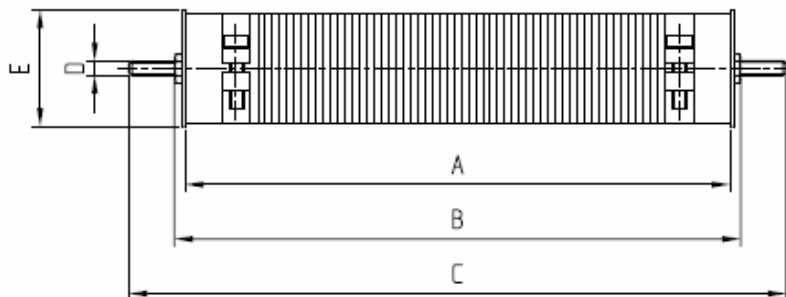
- Standard execution with angle brackets
- On request:
 - with mounting plates
 - Double and triple design
 - single, double and triple design with protective case
 - with additional taps

Type	FW 40-120	FW 40-150	FW 40-200	FW 40-300	FW 40-400
Resistance range	R151 - 6K2	R21 - 8K6	R31 - 12K5	R51 - 20K4	R7 - 28K2
Tolerance	K (±10%), tighter tolerances on request				
Charge*	80 W	120 W	180 W	300 W	400 W
Temperature coefficient	+40 – 80 ppm				
Surface temperature	300 °C				
Dielectric strength	3 kV AC, 50 Hz, 1 minute				
Dimensions A	120	150	200	300	400
B	142	172	222	322	422
C	160	190	240	340	440

* The effective charge is defined by the resistance value and the nominal current (Table on sheet 1-1-19)



Obr. 17: Katalogový list anti-kondenzační topení – I



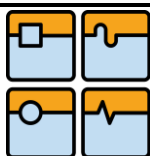
Type	Dimension	A	B	C	D	E
FW 15–	50	50	59	81	M4	16
	75	75	84	106		
	100	100	109	132		
	120	120	129	151		
	150	150	159	181		
	200	200	209	235		
FW 18–	75	75	84	106	M4	19
	100	100	109	132		
	120	120	129	151		
	150	150	159	181		
	200	200	209	235		
	250	250	259	285		
FW 22–	80	80	89	112	M4	23
	100	100	109	132		
	120	120	129	151		
	150	150	159	181		
	200	200	209	235		
	250	250	259	285		
FW 30–	100	100	106	132	M4	31
	120	120	126	151		
	150	150	150	181		
	175	175	181	206		
	200	200	206	235		
	250	250	256	285		
FW 40–	120	120	128	154	M5	41
	150	150	158	186		
	200	200	208	236		
	300	300	308	336		
	400	400	408	436		
	500	500	508	536		
FW 60–	300	300	311.2	336	M6	61
	400	400	411.2	436		
	500	500	511.2	536		

Tolerances DIN 40680

Obr. 18: Katalogový list anti-kondenzační topení – II

Používané klidové topení v TES VSETÍN s. r. o.:

FW 40 – 200



8.4.4 Další doplňky

Doplňky jako například kotevní šrouby, kotevní prvky, pohyblivé a měnící se příčky budou dodány prodávajícím v souvislosti s požadavky, pokud toto bude požadováno v datovém listě kupujícího.

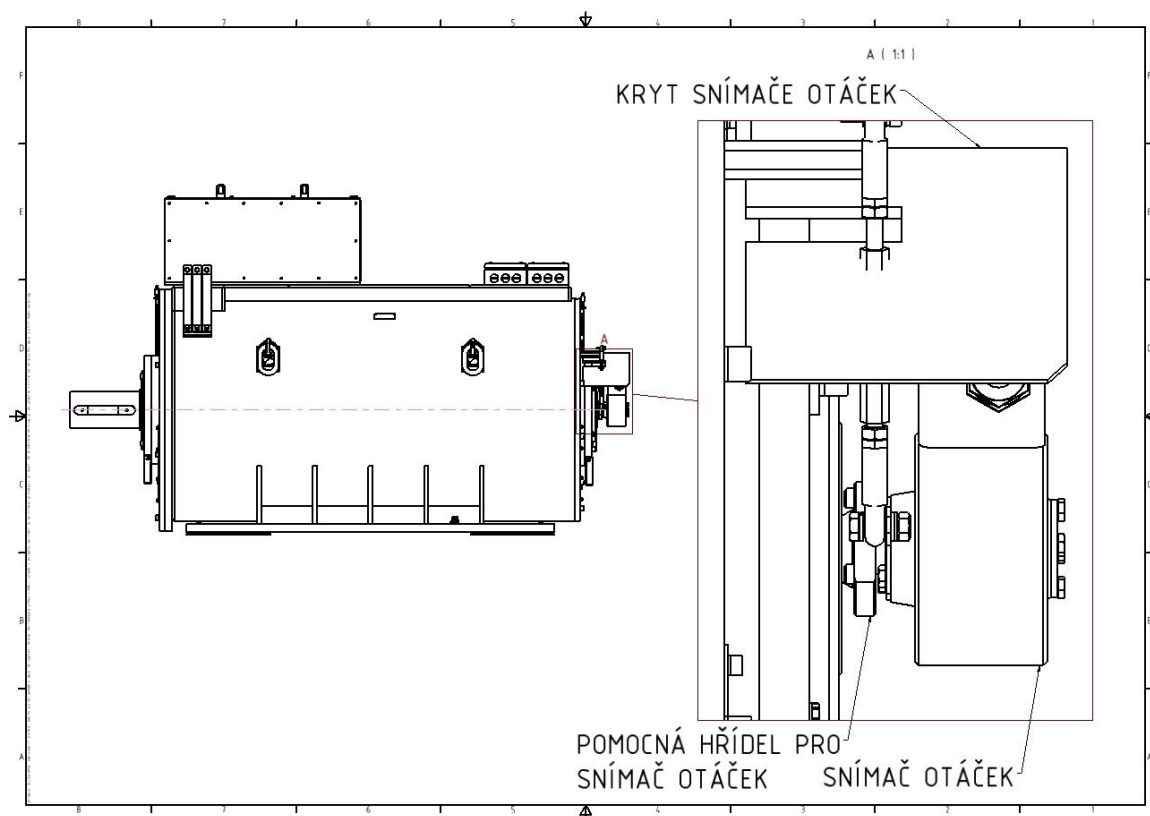
Pokud je uvedeno v datovém listě kupujícího, bude poskytnut pomocný kroužek pro ochranu spojky. Detaily budou dojednány s kupujícím.

Zvedací oka (nebo závity pro zvedací oka) budou umístěna na horní části motoru a na každé části motoru s hmotností vyšší jak 35 kg.

Budou poskytnuty mosazné kabelové vývodky metrického typu vhodné pro všechny typy kabelů daných velikostí. Typy kabelů budou specifikovány v datovém listu kupujícího.

Snímač otáček – tachodynamo s kabelem dodává kupující. Pomocnou hřídel se závitem dodává prodávající. Snímač otáček – tachodynamo bude zapojeno do pomocné svorkovnice společné s teplotními čidly motoru. Požadavky na ochranu proti korozi pomocné hřídele budou stanoveny kupujícím. Dle Obr. 19.

Zapojení snímače otáček – tachodynamu do pomocné svorkovnice se netýká asynchronních motorů s hladkou kostrou DSo.



Obr. 19: Snímač otáček – tachodynamo [17]

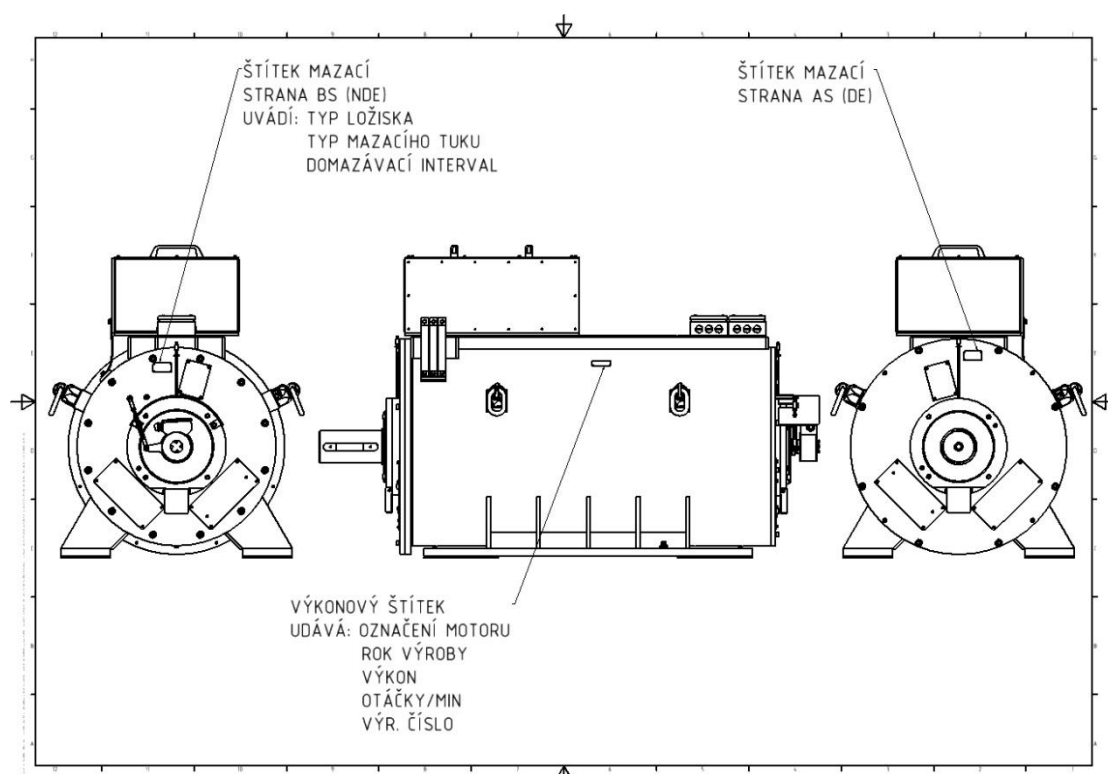
8.5 Štítky

Všechny štítky a další indikátory štítků budou z nerezů a natrvalo připevněny pomocí šroubů na neoddělitelné části motoru.

Na štítku jsou požadovány informace v souladu s kódy a standardy dle např. IEC.

Dodatečná informace, buď na stejném, nebo na přídavném štítku, je požadována, např. stupeň krytí, směr otáčení, mazací množství a intervaly, kvalita maziva.

Dle Obr. 20.



Obr. 20: Mazací, výkonové štítky [17]

8.6 Povrchová úprava, ochrana proti korozi

Povrchová úprava a ochrana proti korozi bude podle standardu prodávajícího a bude vhodná pro podmínky okolního prostředí.

Kód barvy pro vrchní vrstvu povrchové úpravy bude uveden v datovém listu kupujícího.

Kontrola a zkoušení

Všechny motory budou testovány v souladu s IEC. Kopie certifikátů budou zaslány kupujícímu pro každý motor, který je typově zkoušen pro aktuální použití. Kromě toho, certifikované zkušební protokoly pro motory s typovou zkouškou již provedenou dříve, budou zaslány kupujícímu, pokud to bude vyžadováno pro aktuální věc. Kontrolní zkouška bude provedena u každého motoru.

Obecně všechny materiály, části a motory budou předmětem stálé kontroly kvality u prodávajícího se všemi nezbytnými kontrolami a zkouškami.

Kupující si vyhrazuje právo na kontrolu během fáze výroby motorů a zařízení, ke vzájemně sjednanému datu. Proávající pozve kupujícího nejpozději 10 pracovních dnů před datem provedení zkoušek.

Pokud u motorů stejného typu určených pro stejnou věc, jsou požadovány typové zkoušky, tyto budou provedeny na jednom motoru, ale všechny ostatní motory budou předmětem kontrolní zkoušky.

Měření hluku bude provedeno, pokud to bude nezbytné a / nebo požadováno kupujícím.

Pokud zařízení prodávajícího nevyhoví požadované výkonnosti dle smlouvy, prodávající, bez nákladů kupujícího, musí přijmout všechna nezbytná nápravná opatření za účelem dosažení specifikované výkonnosti do určité míry schválené kupujícím. Tento plán musí být prezentován kupujícímu za účelem jeho schválení během dvou dnů od vzniku nedostačujícího výkonu. Přezkoušení bude provedeno za dohledu prodávajícího a na jeho náklady.

8.7 Příprava expedice

Štítky a směr rotace znázorněný šipkou budou umístěny.

Ložiska budou použita se specifikovaným mazacím tukem, připravená k provozu.

Motory budou vhodně chráněny a upevněny, aby byla zajištěna bezpečnost během přepravy a budou přijata speciální opatření za účelem ochrany otlačení a ohlodání hřídele.

Všechny motory budou taky vhodné pro dlouhodobé stání venku před uvedením do provozu. Proávající motoru dá doporučení pro skladování, např. pootáčení hřídelí, napájení antikondenzačního topení, atd.


Citlivé části budou baleny zvlášť tak, aby se předešlo poškození během přepravy.

Všechny kabelové vstupní otvory budou vhodně uzavřeny za účelem zabránění vstupu vody, hmyzu a hlodavců během přepravy a pozdějšího uskladnění.

Není-li jinak doporučeno, každá položka bude bezpečně označena nezničitelnou visačkou a bude mít následující značení:

- destinace
- číslo objednávky kupujícího
- číslo položky kupujícího

Kartony obsahující volné části musí být jasné identifikovány značením, hlavním zařízením, ke kterému jsou přidruženy, číslem objednávky kupujícího a číslem zařízení.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 48
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

8.8 Výkresy a dokumentace

Výrobce poskytne kupujícímu výkresy a dokumentace za účelem objasnění návrhu, aktuální návrh a instrukce pro instalace, servis a údržbu, následovně:

- výkres motoru s detailní legendou,
- výkres zatížení základu (na požádání),
- náčrtek rotoru s daty pro krouticí analýzy (na zvláštní požádání),
- náčrtek hlavní a pomocné svorkovnice,
- schéma zapojení hlavní a pomocné svorkovnice,
- výkres řezu motoru se seznamem částí,
- výrobní plán,
- osvědčení o zkoušce,
- plán kontroly a zkoušení,
- instrukce pro instalaci, servis a údržbu,
- instrukce pro dlouhodobé skladování.

Všechny výkresy a dokumentace budou předmětem schválení kupujícím.

Pokud není doporučeno jinak, bude pro všechny dokumenty použita německo / anglická jazyková verze.

Všechny výkresy budou dodány ve 3 kopiích plus elektronicky (autocad dwg nebo dxf soubor) a budou nést logo VEM a rohové razítko VEM. Bude použito číslování výkresů firmy VEM. Čísla výkresů budou sdělena případ od případu.

9. Katalogizace a unifikace asynchronních motorů

Důvodů k vytvoření této katalogizace a unifikace – to je sjednocení konstrukčních řešení asynchronních motorů řady MAK 355 – 560, bylo několik, jmenovitě:

- požadavek výroby – unifikace součástí,
- požadavek zákazníka – katalogizace,
- urychlení konstrukce.

K těmto bodům se dostaneme v dalších odstavcích diplomové práce. Nejdříve vysvětlení určitých pojmů a způsob konstrukční práce při zpracování zakázek asynchronních motorů daného typu.

9.1 Dřívější způsob konstrukce

Do této doby, než nastala unifikace dílů, byl způsob konstrukce následující. Zaměstnanci obchodního oddělení dostali poptávku na určitý stroj. Vytvořili tzv. „technický list“ stroje, kde jsou zadány veškeré parametry, které má daný stroj splňovat. Můžeme uvést např. výkon, otáčky, točivý moment atd.

Podle těchto parametrů oddělení projekce vypočítá všechny důležité elektromagnetické údaje daného stroje. Tady se jedná o velikosti plechů, tvary drážek, složení vinutí apod. Tyto kroky nebudu příliš rozvádět, protože se jich zadání DP netýká. Jsou zmíněny pouze pro nastínění průběhu zakázky.


Dále jsou v „technickém listě“ uvedeny další informace zajímaví konstrukci mechanickou a konstrukci vinutí. Z hlediska konstrukce stroje jsou to například:

- tvar stroje,
- krytí stroje,
- chlazení stroje,
- klidové topení,
- snímač otáček,
- hlídání teploty ložisek,
- povrchové úpravy,
- různé speciální požadavky na motory,
- volný konec hřídele.

Toto jsou jedny z mnoha údajů, které jsou potřeba pro konstrukci mechanických částí nejen asynchronních motorů. A konstrukci mechanické se budu nyní věnovat.

Konstruktor dostal práci ve formě „technického listu“ jako podklad z obchodního oddělení a „předpis“, který se týká elektromagnetických parametrů stroje z oddělení projekce. Samozřejmostí je prostudování těchto dokumentů a v případě nějakých nejasností další upřesnění s příslušným oddělením. V případě „předpisu“ je to oddělení projekce elektrických strojů. V případě dat v „technickém listu“ je to oddělení obchodní, které zprostředkovává komunikaci se zákazníkem.

Po vyjasnění všech požadovaných bodů následuje práce konstruktérská, která má následující postup. Podle technického listu a předpisu se dá prakticky zkonstruovat celý stroj. Z toho plyne, že každý konstruktér, který nedostane např. vzorový rozměrový náčrtek, může

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 50
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

zpracovat danou zakázku zcela sám dle svého konstruktérského myšlení. Samozřejmostí je dodržování příslušných norem.

A protože se většina strojů, ikdyž stejných osových výšek, od sebe lišila, mohl nechat působit svou konstruktérskou představu a práci. Odchylky těchto strojů mohly být různé v mnoha odhledech, od odlišné délky plechů (paketu) stroje, průměry plechů (paketu), přes různá čidla otáček, čidla hlídání teploty ložisek nebo různé typy klidového topení atp. Jistou roli hraje i konstrukce vinutí, která potřebuje určitý prostor pro vinutí stroje vycházející z drážek statoru tzv. „vyložení“ a samozřejmě taky zapojení svorkovnice. Každý se samozřejmě snažil udělat stroj co nejmenší a nejlehčí, protože celková váha stroje a použité množství materiálu, značně ovlivňuje cenu.

Další možnost je, že si zákazník pošle rozměrový náčrt motoru, který požaduje dodržet. Jedná se většinou o stroje, které by měly nahradit konkrétní stroj v konkrétním provozu. Protože je již zhotovený základ pro tyto stroje, je důležité tyto rozměry zachovat. V případě, že rozměry, které jsou požadovány, nelze z nějakého důvodu dodržet. V tento moment přichází opět na řadu obchodní oddělení, které se dále domlouvá se zákazníkem. Většinou konstruktér navrhne patřičné úpravy a se zákazníkem se jedná, zda se mohou nastíněné úpravy provést. Podle domluvy se navrhuje další možná řešení, nebo v případě odsouhlasení se tyto zanesou do výrobní dokumentace.

Myslím, že se dá říct, že podstatná většina strojů, které se konstruovaly a zpracovávaly, byly prototypy. Sice vycházely z již odzkoušených a plně spolehlivých strojů, ale vždy se lišily v některých částech. Proto se nyní přešlo na unifikaci dílů a sestav strojů, aby se začaly vyrábět a konstruovat stroje, které budou vyhovovat zákazníkům, výrobě a urychlí průběh konstrukčním oddělením. Bude mnohem snadnější servisní zásahy a případné výměny poškozených nebo nefunkčních komponent.

9.2 Požadavek výroby

Asynchronní motory se v TES VSETÍN s.r.o. konstruují již řadu let. Za tu dobu již bylo vytvořeno velké množství dílů, podsestav a sestav, ze kterých se tyto stroje v konečné fázi montují v jeden celek. A protože se neustále objevovaly nové a nové díly, které se musejí různým způsobem vyrábět, musí se hledat nové způsoby, jak kterou součást obrobit a vyrobit, aby byla co nejlevnější. Jsou tu i případy, že jsou díly, které nejsou v podniku vyrobitelné. A to z důvodu nedostačujícího strojního vybavení, nebo nemožnosti dosáhnout daných tolerancí atd.

Přitom všem je neustálý tlak zlevňování výroby, s co nejmenším počtem pracovních operací, což je v tomto případě trochu složitější, protože zákazník má na stroje konkrétní požadavky, které jsou uvedeny ve specifikaci. Jako příklad zde mohu uvést, že zákazník požaduje do těchto motorů, vložit klidové topení nebo odporový snímač teploty ložisek PT100 atp. To samozřejmě není pro konstrukci a výrobu problém. Ale existuje i varianta, že zákazníci nejdříve tyto díly a prvky na stroji nepožadují, ale může se stát, že je budou někdy v budoucnu požadovat. Z toho důvodu se musí provést takové přípravy na stroji, aby bylo možné dodatečné umístění těchto prvků na stroj. Proto se musí na jednotlivých dílech stroje zhotovit prvky, které umístění dodatečných součástí umožní. Jedná se zejména o různá okna ve štítech, k tomu řezání závitů a zhotovování krytů. Tím se výroba samozřejmě prodražuje, což je věc nežádoucí, ale je taky důležitou věcí si lukrativního zákazníka udržet a vyjít mu maximálně vstříc.

9.3 Požadavek zákazníka

Obchodní partner (dále jen zákazník), se kterým TES VSETÍN s.r.o. úzce spolupracuje, je, dá se říci, nejvýznamnějším odběratelem asynchronních motorů. Také tento zákazník se podepsal pod touto katalogizací asynchronních motorů. Snahou zákazníka je stroje sjednotit do určitých rozměrových náčrtků, ze kterých se vytvoří tzv. „katalogový list“, podle kterého bude zákazník dále nabízet motory svým konečným odběratelům. V kapitole 7. „Standardní specifikace motorů [13]“ se vyjednaly veškeré požadavky mezi zákazníkem, výrobou a managementem v TES VSETÍN s.r.o.. Nyní tedy nic nebrání tomu, aby se katalogizace a unifikace dílů vytvořila. Usnadní a urychlí se tím i komunikace se zákazníkem, protože budou známy způsoby konstrukce a možnosti konstrukce.

9.4 Urychlení konstrukce

Protože pracuji jako mechanický konstruktér ve firmě TES VSETÍN, s.r.o., tak byl pro mě jeden z úkolů urychlení konstrukce těchto asynchronních motorů. Nyní, když je vše v takové situaci, že se budou používat díly stále stejné a to nejen vyráběné ve výrobních prostorách firmy, ale i nakupované (například ložiska) pro určitou osovou výšku motoru, je možné toto urychlení realizovat.


Jedná se o to. Když budou vytvořeny modely všech verzí těchto motorů a budou vloženy do sestav a podsestav tak, jak mají být, je tím ušetřeno mnoho práce, co se týká skládání a vazbení modelů. Bude-li vše zpracováno správným způsobem, dá se využít programu Inventor daleko více. Dá se použít kusovník, který tento program vytvoří s naší pomocí velmi rychlým způsobem. To znamená, že pokud se budou vyplňovat všechny patřičné údaje ve vlastnostech jednotlivých modelů, což jsou čísla výkresů, správné názvy atd., je potom daleko jednodušší všechny tyto údaje napsat do informačního systému RIIS.

Důležité je upozornit na to, že v současné době probíhá výběrové řízení na nový informační systém, protože dosavadní systém „RIIS“ pracuje pod operačním systémem MS-DOS. Z toho plyne, že nové programy, jako například Inventor nebo programy sady MS Office nespolečupracují s dosavadním informačním systémem. Proto nelze data, která vyprodukuje Inventor nebo jiný software, jednoduchým způsobem předat do informačního systému. Musí se vše ručně přepsat a tím samozřejmě roste vznik chyby, které se později řeší daleko složitějším a taky dražším způsobem. Kontrola toho „co se vloží do RIISu“ je velmi zdoluhavá a složitá. Proto musí být konstruktér velmi důsledný a tím se jeho práce ještě více zpomaluje.

9.4.1 Vytvoření rozměrového náčrtku

Nejdůležitější ze všeho bylo na počátku vymyslet konstrukční řešení alespoň jedné osové výšky. Byla vybrána osová výška 450 mm, jejíž celková konstrukce, včetně výrobních výkresů, je jeden z bodů, které jsou v zadání této diplomové práce.

Jak již bylo dříve zmíněno, byla vytvořena řada modelů a celkově i kompletních asynchronních motorů, takže byla možnost z těchto již hotových strojů vycházet. To mi pomohlo k rychlejší práci. Byla tedy započata práce na vytvoření modelů osové výšky 450 mm. Základem všeho bylo vytvořit rozměrový náčrtek, kde jsou uvedeny nejdůležitější rozměry a také je zde vidět celkový vzhled stroje. Tento počáteční náčrtek bylo důležité

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 52
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

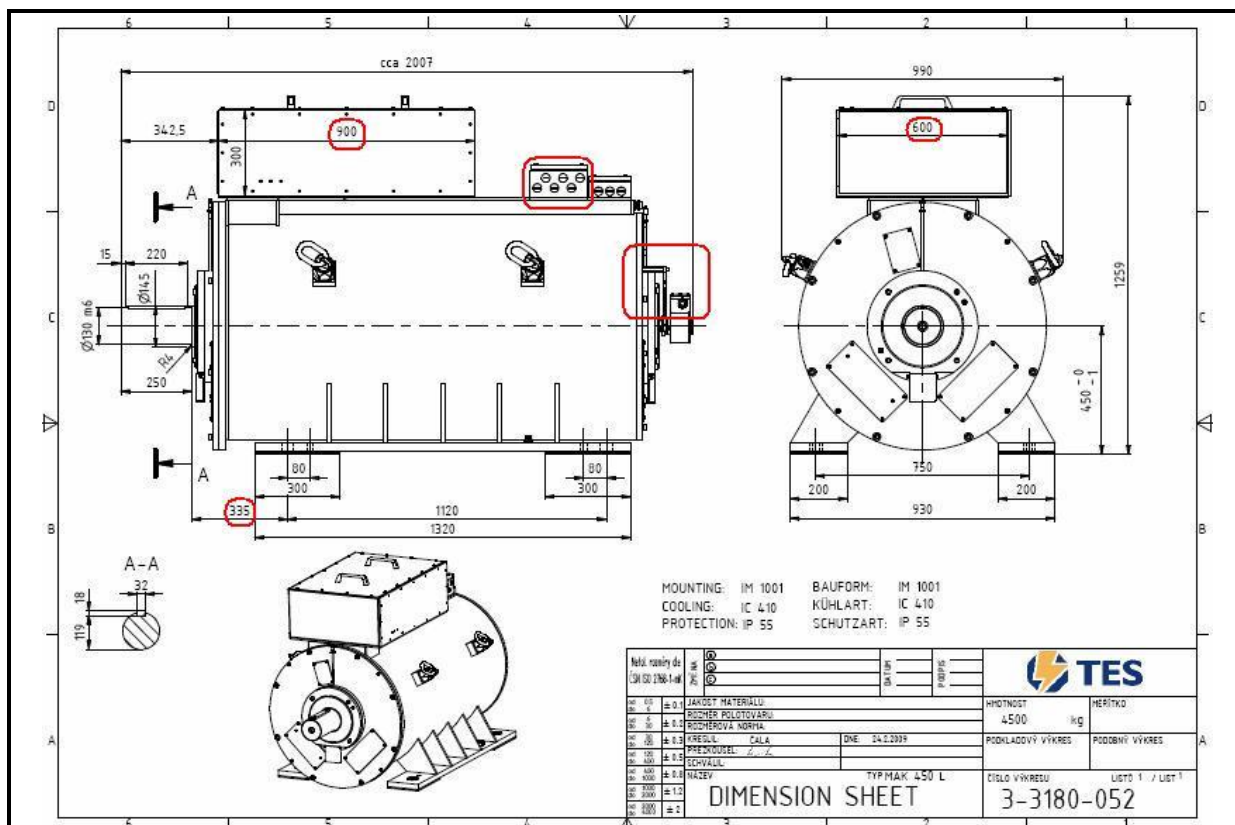
konzultovat se zákazníkem. Proto byl rozměrový náčrtek vytvořen a zaslán zákazníkovi, ke schválení.

Dá se říct, že nějaké výrazné změny nebyly ze strany zákazníka provedeny. Hrály zde roli spíše drobnosti, které byly, při osobním setkání, velmi rychle vysvětleny. Toto upřesnění se týkalo velikosti hlavních a pomocných svorkovnic. Dále zákazník požadoval zakreslení snímače otáček pouze tenkými přerušovanými čarami, protože záleží na odběrateli motorů, zda bude tento snímač požadovat anebo ne. Se snímačem otáček souvisí i další upřesnění a to kryt nad tímto snímačem. Stroje pracují v těžkém strojírenském průmyslu a z tohoto důvodu požadují kryt, který může zabránit zničení snímače nebo jeho částí. Úprava některých délkových rozměrů byla taktéž velmi jednoduchá a rozměrový náčrtek byl odsouhlasen. Provedené změny jsou zřejmé z porovnání Obr. 21 a Obr. 22.

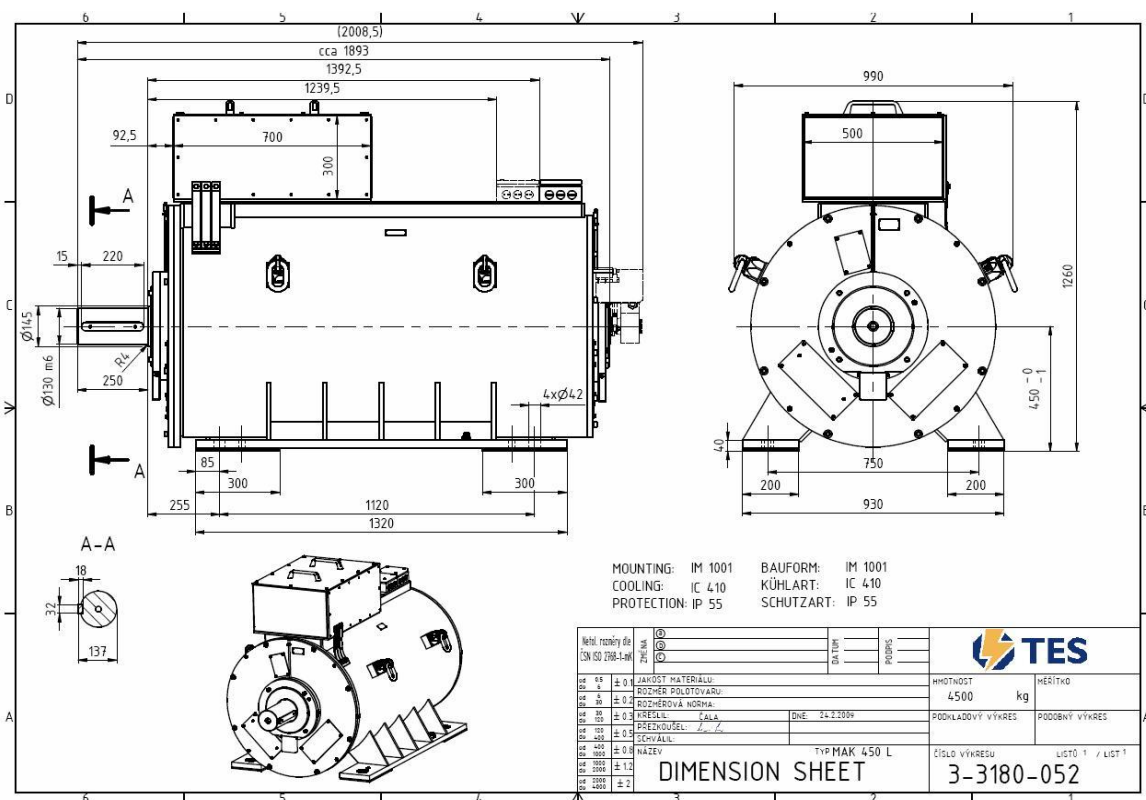
Rozměrový náčrtek – II, tedy Obr. 22, byl **schválen** a mohlo se tedy začít pracovat na vytváření modelů pro zbývající osové výšky.



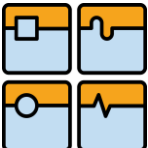
DIPLOMOVÁ PRÁCE



Obr. 21: Rozměrový náčrtek – I



Obr. 22: Rozměrový náčrtek – II

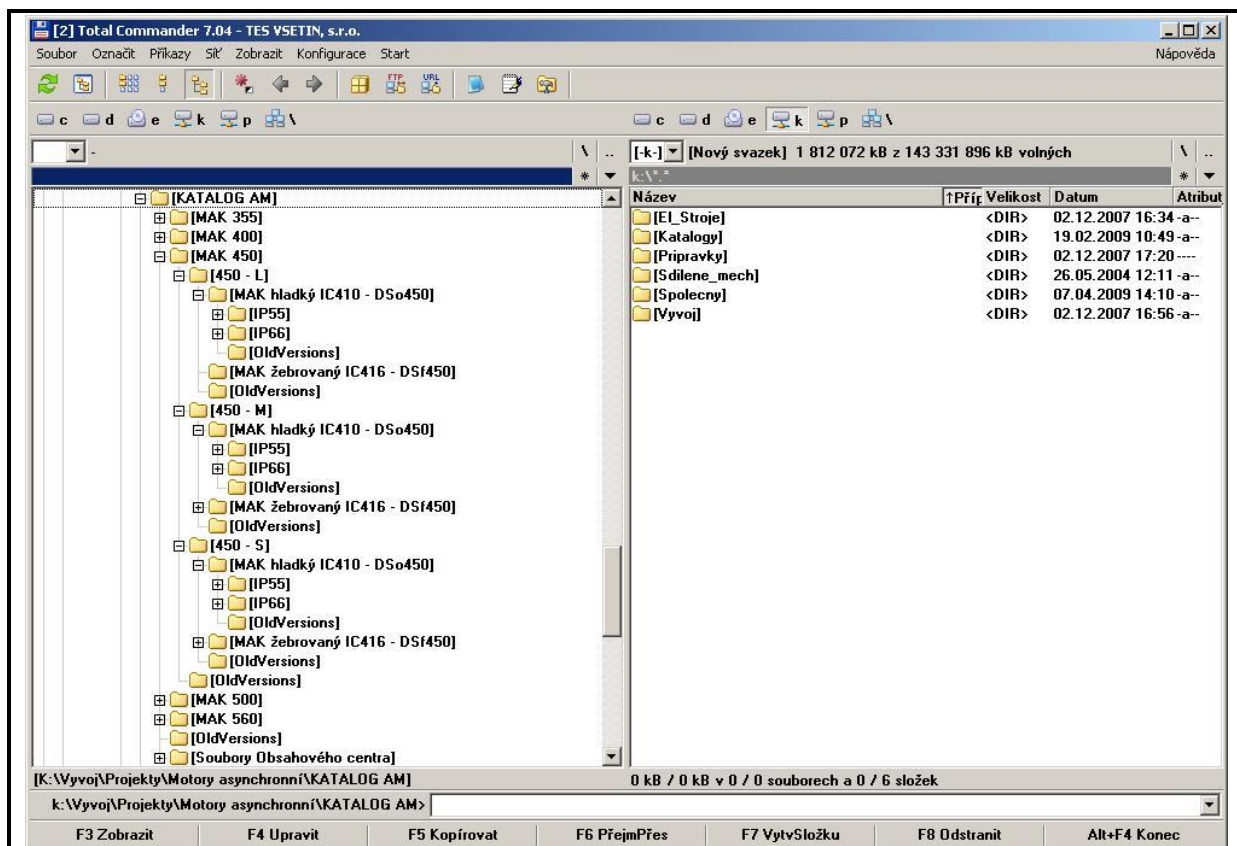
	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 54
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

9.4.2 Ukládání modelů

Co znamená kapitola s tímto názvem? Nastíním dřívější způsob práce s modely. Pokud konstruktér dostal zakázku na tyto stroje, tak většinou dostal nějaký vzorový rozměrový náčrtek od zákazníka, který by měl být dodržen. A protože, jak bylo zmíněno, bylo již zkonstruováno velké množství motorů a i zákazník používá rozměrové náčrtky, které byly v minulosti vytvořeny a poslány, tak se stává, že některé rozměry jsou shodné s náčrtem, který konstruktér dostane do rukou. Z toho plyne, že pokud je nalezena ta správná podobná zakázka, ke které patří původní rozměrový náčrtek, nebo je hodně podobný, tak je ulehčena spousta práce se zpracováním a vytvářením modelů. Nemusí se pracovat na výkresech, protože se dají použít již vytvořené a urychlí se tím celkový průběh zakázky nejen konstrukcí, ale i ostatními odděleními TPV.

To je klad, který práci ulehčuje. Ale máme tady jiný problém. Model, který bych chtěl použít, si zkopíruji do složky nové zakázky a tady nastává ten kámen úrazu. Máme dva modely, které jsou naprosto stejné, ale pokud bych někde něco změnil, protože potřebuji nějakou třeba i malou změnu například posunout otvor, zvětšit závit apod. změni se mi to v modelu, ve kterém pracuji. Tím pádem bych měl vytvořit úplně nový výkres, který bude stejný jako ten před tím, ale bude mít jiný rozměr závitu. A pokud si tuto věc člověk z nějakého důvodu neuvědomí nebo zapomene, tak vznikají problémy ve výrobě, protože existují dva různé modely se stejným číslem výkresu, ale jen jeden výkres. Tím pádem součásti, které by měly na sebe krásně zapadat podle modelu v elektronické podobě, tak do sebe ve skutečnosti nezapadají, protože výkresy se od modelu liší. Toto je další věc, které se díky uspořádání modelů, které je navrženo, můžeme vyhnout.

Firma TES VSETÍN, s.r.o. nepoužívá žádný software pro správu modelů a výkresů vytvořených v programu Autodesk Inventor. Proto je zobrazen způsob ukládání modelů a výkresů do jednotlivých složek, který je zřejmý z Obr. 23.



Obr. 23: Uspořádání složek modelů katalogu

Tady se jedná o to, že všechny motory se skládají z jednotlivých dílů a podsestav. Dle obrázku je pozornost věnována osově výšce 450 mm. Toto rozčlenění dílů do jednotlivých složek a podsložek má ten význam, že zabrání duplicitě dílů v tomto katalogu.

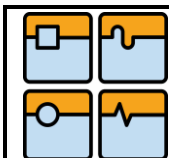
Způsob uložení dílů do katalogu:

Jsou díly, které jsou stejné například pro všechny stroje. Proto jsou tyto díly uloženy ve složce KATALOG AM. Nyní sledujme uspořádání složek pouze strojů MAK 450, protože uspořádání složek u strojů se zbývajících osovými výškami je zcela shodné.

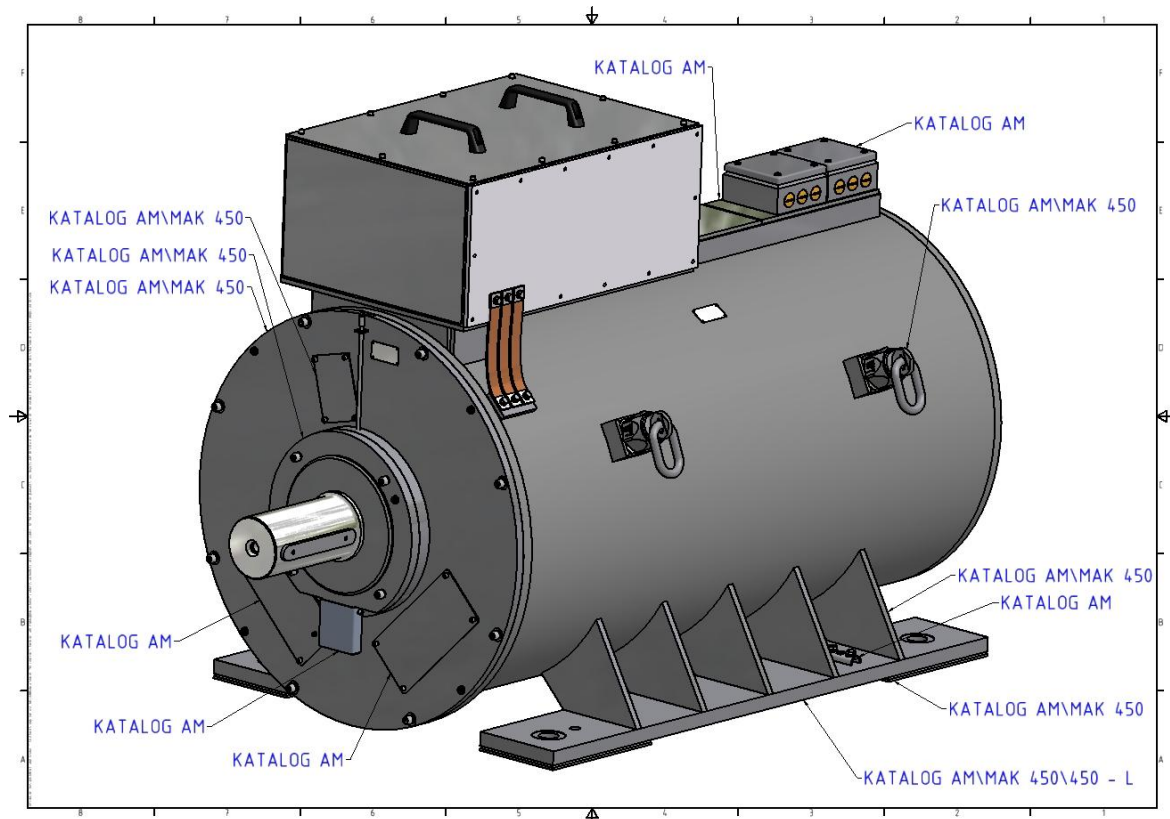
Rozložení dílů a podsestav pokračuje stejným způsobem. Stroje jednotlivých osových výšek jsou rozděleny podle celkových délek, zde hraje roli délka paketu. Tato délka je odvislá od toho, co vypočítá oddělení projekce a podle toho, jaké požadavky na stroj má konečný zákazník. Podle toho se rozlišuje označení jednotlivých osových délek S, M, L z anglických slov small, medium, long.

Dále se motory dělí na motory s hladkou kostrou DSo, což je předmětem diplomové práce a na motory s kostrou žebrovanou DSf. Délka kostry a rotor jsou shodné pro oba druhy motorů, ale opět jsou zde díly, které jednomu druhu motoru patří, a které nepatří.

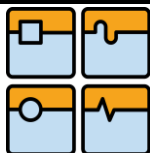
V dalších podsložkách motoru DSo hraje roli ještě krytí stroje (vysvětleno v kapitole 6.2), a to si opět určuje konečný zákazník podle umístění stroje do pracovního prostředí. A toto krytí je buď IP55 nebo IP66. Mezi stroji IP55 a IP66 je rozdíl jen v těsnosti stroje.



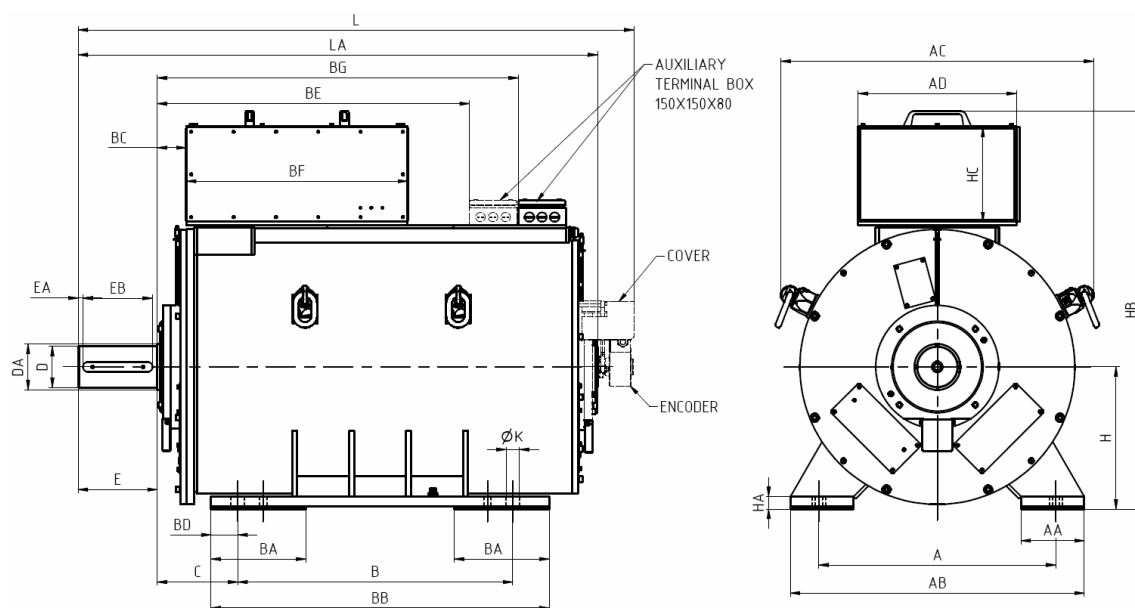
9.4.3 Příklad uložení některých dílů a podsestav



Obr. 24: Uložení dílů a podsestav v katalogu



10. Katalogový list motorů DSo

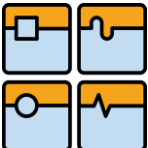


MOUNTING: IM1001 (B3)
COOLING: IC410
PROTECTION: IP55 (IP66)

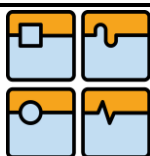
DIMENSIONS NOT BINDING

Type	A	AA	AB	AC	B	BA	BB	BC	BD	BE	BG	C	H	HA	HB	K	L	LA	D	DA	E	EA	EB	F	GA	GB	R	T-box type
DSo 355 S	610	130	710	732	720	200	820	67,5	50	822,5	977,5	200	355	40	1070	36	1548,5	1432	100	115	210	15	180	28	106	16	R3	A
																												B
DSo 355 M	610	130	710	732	780	200	880	67,5	50	882,5	1037,5	200	355	40	1070	36	1608,5	1492	100	115	210	15	180	28	106	16	R3	A
																												B
DSo 355 L	610	130	710	732	900	200	1000	67,5	50	1004,5	1157,5	200	355	40	1070	36	1728,5	1612	100	115	210	15	180	28	106	16	R3	A
																												B
DSo 400 S	686	150	820	864	780	250	880	82,5	50	1079,5	1232,5	225	400	40	1170	36	1803,5	1688	120	135	210	15	180	32	127	18	R3	A
																												B
DSo 400 M	686	150	820	864	850	250	950	82,5	50	929,5	1082,5	225	400	40	1170	36	1653,5	1538	120	135	210	15	180	32	127	18	R3	A
																												B
DSo 400 L	686	150	820	864	1000	250	1100	82,5	50	857,5	1012,5	225	400	40	1170	36	1583,5	1468	120	135	210	15	180	32	127	18	R3	A
																												B
DSo 450 S	750	200	930	990	870	300	1070	92,5	85	987,5	1142,5	255	450	40	1260	42	1758,5	1643	130	145	250	15	220	32	137	18	R4	A
																												B
DSo 450 M	750	200	930	990	950	300	1150	92,5	85	1067,5	1222,5	255	450	40	1260	42	1838,5	1723	130	145	250	15	220	32	137	18	R4	A
																												B
DSo 450 L	750	200	930	990	1120	300	1320	92,5	85	1239,5	1392,5	255	450	40	1260	42	2008,5	1893	130	145	250	15	220	32	137	18	R4	A
																												B
DSo 500 S	850	200	1060	1133	970	300	1135	92,5	82,5	1107,5	1262,5	280	500	50	1370	42	1883,5	1768	150	165	250	15	220	36	158	20	R4	A
																												B
																												C
DSo 500 M	850	200	1060	1133	1060	300	1225	92,5	82,5	1197,5	1352,5	280	500	50	1370	42	1973,5	1858	150	165	250	15	220	36	158	20	R4	A
																												B
																												C
DSo 500 L	850	200	1060	1133	1250	300	1415	92,5	82,5	1387,5	1542,5	280	500	50	1370	42	2163,5	2048	150	165	250	15	220	36	158	20	R4	A
																												B
																												C
DSo 560 S	980	220	1160	1205	1070	350	1235	92,5	82,5	1207,5	1362,5	280	560	50	1470	42	2035,5	1922	170	185	300	20	260	40	179	22	R4	A
																												B
																												C
DSo 560 M	980	220	1160	1205	1170	350	1335	92,5	82,5	1307,5	1462,5	280	560	50	1470	42	2135,5	2022	170	185	300	20	260	40	179	22	R4	A
																												B
																												C
DSo 560 L	980	220	1160	1205	1350	350	1515	92,5	82,5	1487,5	1642,5	280	560	50	1470	42	2315,5	1202	170	185	300	20	260	40	179	22	R4	A
																												B
																												C

Obr. 25: Katalogový list

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 58
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Katalogový list v té podobě, jak je zobrazen na předchozí stránce 57, je jedním z výsledků, které byly požadovány v zadání diplomové práce. Tento list dostane zákazník a s jeho pomocí je schopen dále nabízet motory daných velikostí a parametrů. Odpadá tedy návrh rozměrového náčrtku, což bylo samozřejmě určité zdržení. Navíc jsou dojednány veškeré prvky, které může zákazník požadovat, jako je měření teploty ložisek, měření teploty vinutí, klidové topení atd. Určitě budou i objednávky na stroje, které se od této specifikace budou lišit, ale podle slov zákazníka, bude toto procento objednávek mnohem nižší, než stroje dle specifikace. A to podle hrubého odhadu v poměru 10:90.

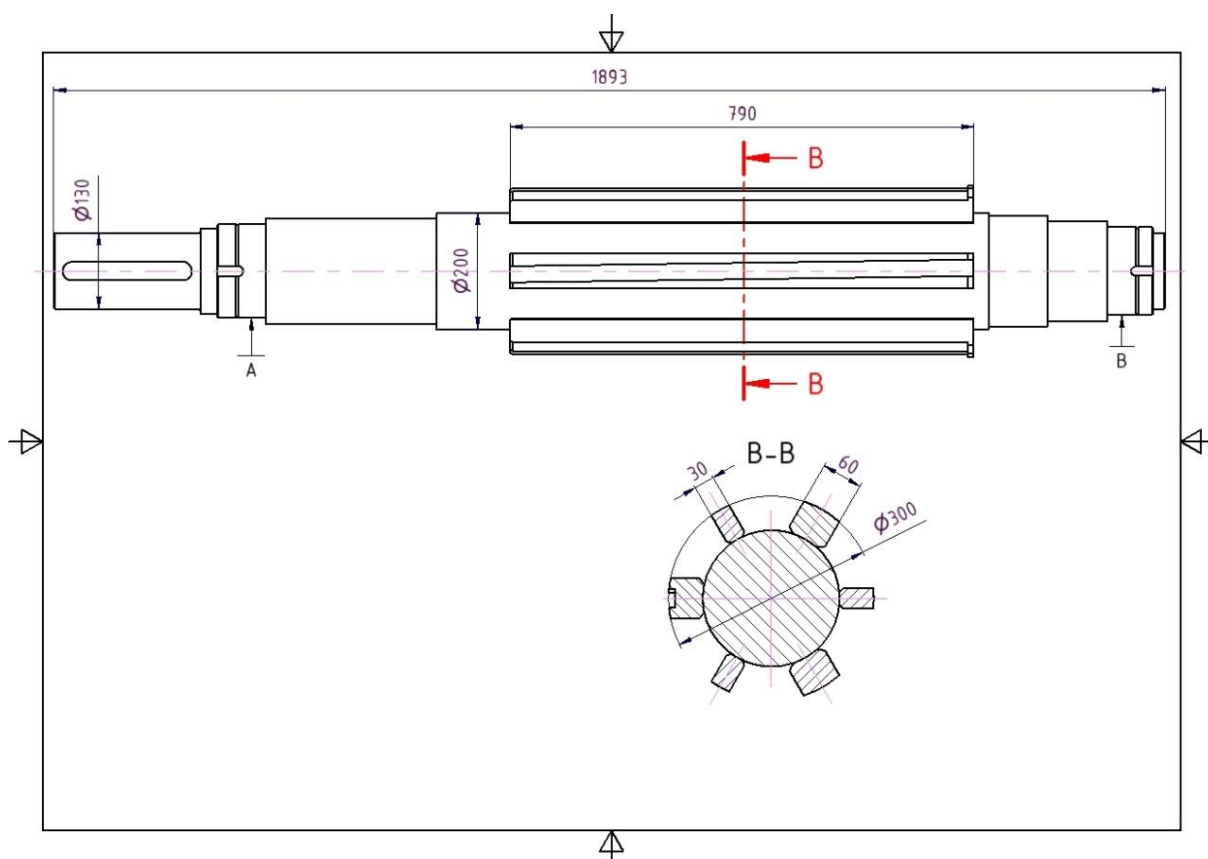


11. Pevnostní výpočty

11.1 Hřídel

Pro představu je zobrazeno, jak hřídel vypadá a jakou má velikost pro osovou výšku 450 mm. Je to tedy kruhová tyč s přivařenými žebry. Materiál hřídele se používá 11 523 (ocel se zaručenou svařitelností) a materiál žebor 11 373 (ocel se zaručenou svařitelností). Žebra jsou na hřídeli z toho důvodu, že rotorové plechy, které se nasazují na hřídel, mají vnitřní průměr velkých rozměrů a hřídel by dosahovala v daném místě příliš velkých průměrů. Z toho je zřejmé, že i hmotnost by narostla do vyšších hodnot. Navíc by byla zbytečně předimenzovaná a celková manipulace a práce s takovouto součástí se stává daleko složitější a pracnější. Samozřejmě i její cena by byla někde zcela jinde.

Zatížení hřídele je způsobeno hmotností paketu a působí na celou plochu žebor. Zatížení se přenáší na ložiska, jejichž výpočet je stejně jako pevnostní výpočet hřídele, uveden v následujících kapitolách.

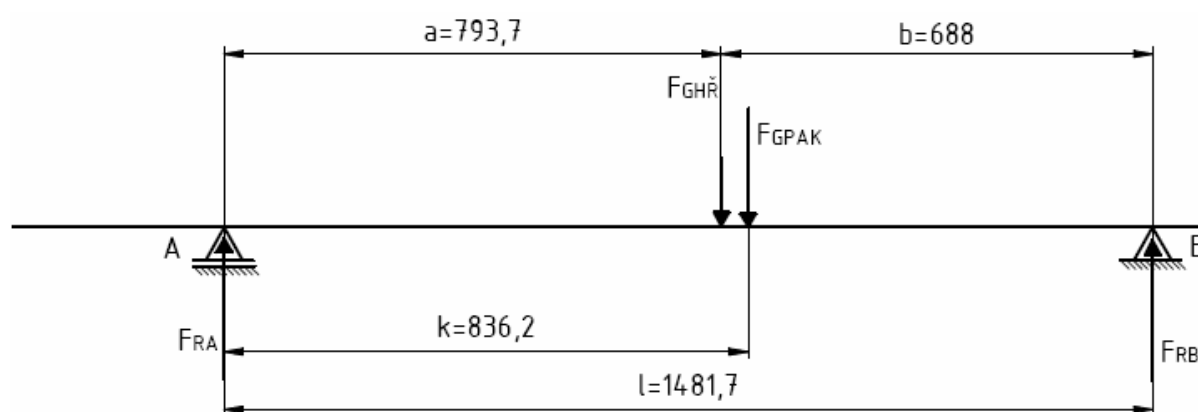


Obr. 26: Hřídel

11.2 Síly působící na hřídel rotoru

Z obrázku je patrné, že síla působící na hřídel jsou velmi zjednodušená. Jsou pouze dvě. Gravitační síla od hmotnosti hřídele a gravitační síla od hmotnosti paketu. Toto zjednodušení je zde proto, že ostatní síly působící na hřídel, jsou v poměru s těmito silami zanedbatelné. Tím je myšlena např. síla vyvozená magnetickým tahem, počítaná v dalších kapitolách. Gravitační síla hřídele je umístěná v těžišti hřídele a gravitační síla paketu je umístěná ve středu paketu (současně v těžišti paketu).

Je zde otázka, proč je od paketu vyvozena pouze jedna síla, když je paket rozložen po celé délce žebér umístěných na hřídeli a toto zatížení je tedy rozloženo taky po celé délce žebér. Toto zatížení je bráno jako nejhorší případ pro průhyb hřídele, kdy síla působí v jediném místě na hřídel. Z toho plyne, že pokud podle výpočtu, bude hřídel vyhovovat tomuto zatížení, tak při rozloženém zatížení bude průhyb (deformace) ještě menší.



Obr. 27: Schéma ztížení hřídele

$$\begin{aligned}
 m_{hř} &= 470 \text{ kg} \\
 m_{pak} &= 1\,020 \text{ kg} \\
 g &= 9,81 \text{ m/s}^2
 \end{aligned}$$

Gravitační síla od hřídele $F_{GHř}$:

$$F_{GHř} = m_{hř} \cdot g = 470 \cdot 9,81 = 4\,610,7 \text{ N} \quad (1)$$

Gravitační síla od paketu F_{GPAK} :

$$F_{GPAK} = m_{pak} \cdot g = 1\,020 \cdot 9,81 = 10\,006,2 \text{ N} \quad (2)$$

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 61
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

11.2.1 Reakce v ložiskách F_{RA} , F_{RB}

$$\sum F_y = 0 \quad F_{RA} - F_{GPAK} - F_{GHř} + F_{RB} = 0 \quad (3)$$

$$\sum M_A = 0 \quad F_{GHř} \cdot a + F_{GPAK} \cdot k - F_{RB} \cdot l = 0 \quad (4)$$

Reakce F_{RB}

$$F_{RB} = \frac{F_{GHř} \cdot a + F_{GPAK} \cdot k}{l} \quad (5)$$

$$F_{RB} = \frac{4\,610,7 \cdot 793,7 + 10\,006,2 \cdot 835,5}{1481,7}$$

$$F_{RB} = 8\,112,1\,N$$

Reakce F_{RA}

$$F_{RA} = F_{GPAK} + F_{GHř} - F_{RB}$$

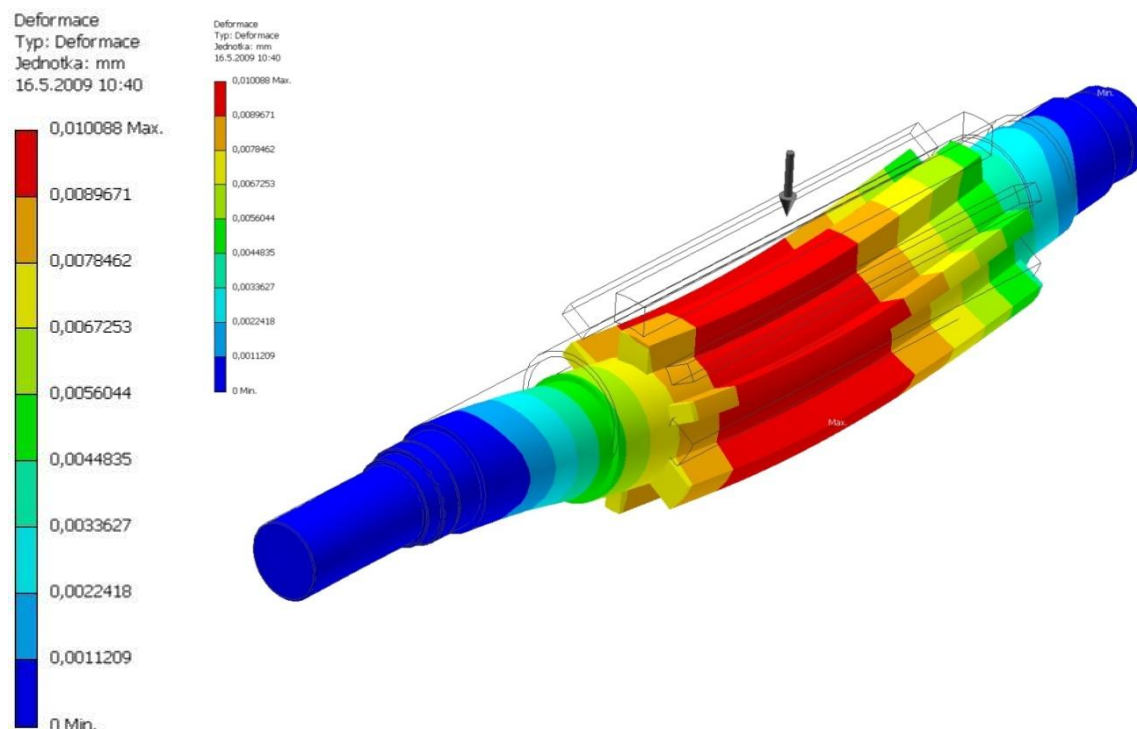
$$F_{RA} = 10\,006,2 + 4\,610,7 - 8\,112,1$$

$$F_{RA} = 6\,504,8\,N$$

11.2.2 Průhyb hřídele

Výsledek simulace průhybu hřídele podle Obr. 26, se zatížením podle Obr. 27: Schéma ztížení hřídele je zobrazen na Obr. 28. Výsledný průhyb hřídele, který byl softwarem vypočítán, je:

$$y = 0,01 \text{ mm}$$



Obr. 28: Průhyb hřídele

Podle zobrazeného výsledku vidíme, že maximální průhyb hřídele je 0,01 mm, což je průhyb vyhovující pro elektrické stroje. Dle literatury je průhyb vyhovující do velikosti 10% vzduchové mezery, která je u stroje s počítanou hřídelí 1,7 mm. Hodnota 10 % z 1,7 mm je 0,17 mm což je o jeden řád větší než vypočítaný průhyb. Software vypočítal nejen deformace, ale taky hlavní maximální a minimální napětí, ekvivalentní napětí a bezpečnost v porovnání s dovoleným napětím.

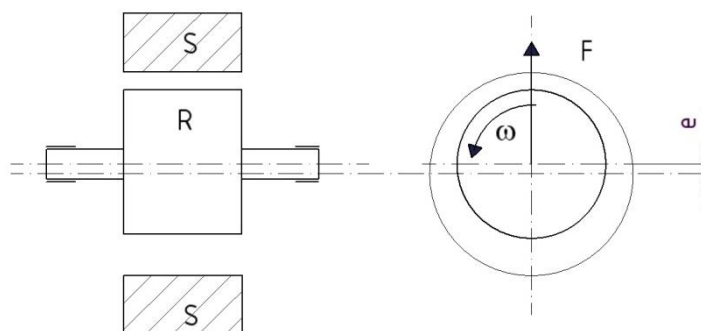


11.2.3 Magnetický tah [11]

Je-li poloha rotoru elektrického stroje z nějakých důvodů výstředná vzhledem ke statoru, je osa rotoru přesazena oproti ose vývrtu statoru o rozměr e a na rotor při chodu působí v místě nejmenší vzduchové mezery výsledná radiální síla F . Tato síla je výslednicí nevyrovnaných radiálních magnetických sil, působících mezi rotorem a státorem při nabuzeném stroji. Velikost těchto tzv. jednostranných magnetických tahů lze přibližně vypočítat.

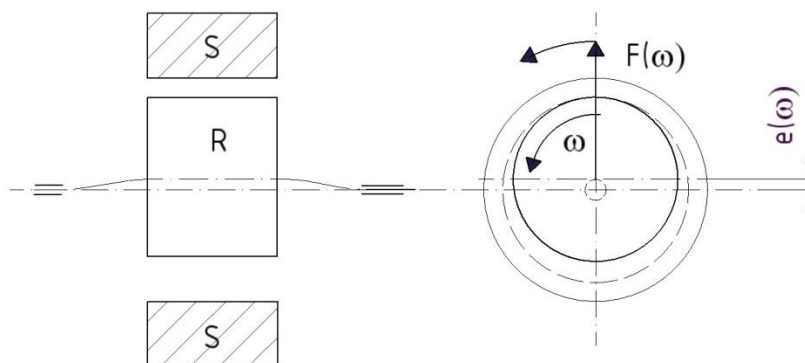
Účinky magnetického tahu musíme zásadně rozlišovat podle toho, zda rotor radiálně hází či nikoliv.

- rotor *radiálně nehází* a který se ve statoru otáčí s výstředností e v čase stálou, působí ve směru e magnetický tah, který je možné v prvním přiblížení pokládat za časově neproměnný co do velikosti i směru, jak je znázorněno na Obr. 29: Rotor uložený výstředně. Jako příklad mějme tuhý a ideálně vyvážený rotor namontovaný do statoru s výstředností e . Magnetický tah vyvolá v těchto případech na otáčejícím se hřídeli pouze průhyb, který se v prostoru a v čase nemění.



Obr. 29: Rotor uložený výstředně

- rotor *radiálně hází*, házivost je způsobena nějakým průhybem vzniklým ještě před montáží, nebo průhybem od mechanické či termické nevyváženosti, otáčí se s rotorem v prostoru také to místo, kde je nejmenší vzduchová mezera a tím i směr působení magnetického tahu. Svou roli zde hraje taky vůle v ložiscích. Stav je znázorněn na Obr. 30: Rotor nevyvážený.



Obr. 30: Rotor nevyvážený

11.2.4 Výpočet magnetického tahu při průhybu $y = e = 0,01 \text{ mm}$

$$D_{PAK} = 0,5366 \text{ m}$$

$$L_{PAK} = 0,75 \text{ m}$$

$$B = 1,01 \text{ T}$$

$$\delta = 0,0117 \text{ m}$$

$$F_M = 1,31 \cdot 10^5 \cdot \frac{\pi \cdot D_{PAK} \cdot L_{PAK} \cdot B^2}{\delta} \quad (6)$$

$$F_M = 1,31 \cdot 10^5 \cdot \frac{\pi \cdot 0,5366 \cdot 0,75 \cdot 1,01^2}{0,0117} = 99,38 \cdot 10^6 \text{ N/m}$$

Při průhybu $y = e = 1 \text{ m}$ bude síla působící od magnetického tahu $F_{MAG} = 99,4 \cdot 10^6 \text{ N}$.

Vypočtený průhyb hřídele je

$$y = e = 0,01 \text{ mm} = 0,00001 \text{ m}$$

Magnetický tah působící na hřídel

$$F_{MAG} = F_M \cdot e = 99,38 \cdot 10^6 \cdot 0,00001 = 993,8 \text{ N} \quad (7)$$

Průhyb počítaný v kapitole **11.2.2 „Průhyb hřídele“** je počítán bez působení síly magnetického tahu. Tato síla je podle vypočítaných hodnot $F_{MAG} = 993,8 \text{ N}$. Při opětovném přepočítání, kdy přidáme do zatížení hřídele i tuto sílu, vyšel průhyb **$y = 0,0108 \text{ mm}$** což je v měřítku se kterým pracujeme celkem bezvýznamné navýšení.

Kdyby nastal případ horší a síla by dosahovala vysokých hodnot, tak je zde nebezpečí, že by mohla způsobovat hřídeli příliš velké deformace, a když pomyslíme na to, že se stroj otáčí někdy i vysokými otáčkami je zde namáhání hřídele značné. [11]

11.3 Namáhání hřídele – krut

Krouticí moment vyvozuje rotor vůči točivému magnetickému poli statoru. Největší napětí, při zatěžování kroutícím momentem, zaznameneáme na volném konci hřídele, který musí být dimenzován na maximální krouticí moment, který motor dokáže vyvodit. Spíše se dá říci, že je dimenzován na **moment zvratu** motoru, což je moment, kterým motor proběhne při spouštění nebo přetěžování motoru. Tento moment může být až trojnásobek jmenovitého momentu.

Dle Obr. 26: Hřídel vidíme, že volný konec hřídele je 130 mm, což je nejmenší průměr na této konkrétní hřídeli. Na tento průměr je výpočet namáhání na krut stanoven. Hodnoty dovoleného napětí v krutu jsou brány jako minimální hodnoty dané výrobcem v jednotlivých materiálových listech.

Hodnota krouticího momentu M_k je brána z „předpisu“ a je vybrána největší velikost momentu, jakou firma TES VSETÍN, s.r.o. pro zákazníka dosud zpracovávala, pro danou osovou výšku. Jedná se o MAK 450. Tedy *motor asynchronní s kotvou nakrátko* – osová výška 450 mm. Tato hodnota je 20 000 Nm pro záběrný moment a 6 100 Nm pro moment jmenovitý.

$$M_k = 20000 \text{ Nm} = 20 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$\tau_{Dk 11523} = 45 \text{ MPa}$$

$$\tau_{Dk 15142} = 75 \text{ MPa}$$

$$d = 130 \text{ mm}$$

$$\alpha_v = 1,6$$

$$\tau_k = \frac{M_k}{W_k} \leq \tau_{Dk 11523} \quad (8)$$

$$W_k = \frac{\pi \cdot d^3}{16} \quad (9)$$

$$\tau_{k 11523} = \frac{16 \cdot M_k}{\pi \cdot d^3} = \frac{16 \cdot 20 \cdot 10^6}{\pi \cdot 130^3} = 46,4 \text{ MPa} \quad (10)$$

$$\tau_{k 11523} = \alpha_v \cdot \tau_k = 1,6 \cdot 46,4 = 74,24 \text{ MPa} \quad (11)$$

$$\tau_{k 11523} > \tau_{Dk 11523}$$

$$74,24 \text{ MPa} > 45 \text{ MPa}$$

Pro daný krouticí moment zvolíme materiál ocel 15 142

$$\tau_{k 15142} < \tau_{Dk 11523}$$

$$74,24 \text{ MPa} < 75 \text{ MPa}$$

Hodnoty $\tau_{Dk 11523}$ a $\tau_{Dk 15142}$ jsou hodnoty tabulkové a jsou uvažovány s koeficientem bezpečnosti 1,5 – 2. Proto je tento výsledek vyhovující a hřídel může mít průměr $d = 130 \text{ mm}$.

Dále jsou vypočítány hodnoty max. kroutících momentů, které lze použít pro jednotlivé osové výšky motorů. Hodnoty jsou propočítány pro dva druhy materiálů 11 523 a 15 142. [14]

11.3.1 Hodnoty maximálních kroutících momentů

Hodnoty jsou vztaženy k jednotlivým průměrům a materiálům hřídelů.

Tab. 6

Typ	Ložisko DE	Ložisko NDE	Ø volného konce [mm]	Materiál hřídele	Maximální moment [Nm]
DSf 355 S	6226 MC3	6224 MC3	100	11 523	8 835
				15 142	13 744
DSf 355 M	6226 MC3	6224 MC3	100	11 523	8 835
				15 142	13 744
DSf 355 L	6226 MC3	6224 MC3	100	11 523	8 835
				15 142	13 744
DSf 400 S	6230 MC3	6226 MC3	120	11 523	15 268
				15 142	23 750
DSf 400 M	6230 MC3	6226 MC3	120	11 523	15 268
				15 142	23 750
DSf 400 L	6230 MC3	6226 MC3	120	11 523	15 268
				15 142	23 750
DSf 450 S	6232 MC3	6230 MC3	130	11 523	19 412
				15 142	30 196
DSf 450 M	6232 MC3	6230 MC3	130	11 523	19 412
				15 142	30 196
DSf 450 L	6232 MC3	6230 MC3	130	11 523	19 412
				15 142	30 196
DSf 500 S	6236 MC3	6232 MC3	150	11 523	29 820
				15 142	46 387
DSf 500 M	6236 MC3	6232 MC3	150	11 523	29 820
				15 142	46 387
DSf 500 L	6236 MC3	6232 MC3	150	11 523	29 820
				15 142	46 387
DSf 560 S	6240 MC3	6236 MC3	170	11 523	43 409
				15 142	67 526
DSf 560 M	6240 MC3	6236 MC3	170	11 523	43 409
				15 142	67 526
DSf 560 L	6240 MC3	6236 MC3	170	11 523	43 409
				15 142	67 526

11.4 Návrh a kontrola ložisek [10]

11.4.1 Strana AS (strana volného konce)

Ložisko 6232 M/C3

$$C_{6232} = 186\,000 \text{ N}$$

$$d_{6232} = 160 \text{ mm}$$

$$D_{6232} = 290 \text{ mm}$$

$$B_{6232} = 48 \text{ mm}$$

$$F_{RA} = 6504,8 \text{ N}$$

$$n = 1\,000 \text{ min}^{-1}$$

$$p = 3$$

$$L_{10\,6232} = \left(\frac{C_{6232}}{F_{RA}} \right)^p = \left(\frac{186\,000}{6\,486,7} \right)^3 = 23\,379 \cdot 10^6 \text{ otáček} \quad (12)$$

$$L_{10h\,6232} = \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot L_{10\,6232} = \frac{10^6}{60 \cdot 1\,000} \cdot 23\,379 = 389\,650 \text{ hod} \quad (13)$$

11.4.2 Strana BS (opačná strana volného konce)

Ložisko 6230 M/C3

$$C_{6230} = 174\,000 \text{ N}$$

$$d_{6230} = 150 \text{ mm}$$

$$D_{6230} = 270 \text{ mm}$$

$$B_{6230} = 45 \text{ mm}$$

$$F_{RB} = 8112,1 \text{ N}$$

$$n = 1\,000 \text{ min}^{-1}$$

$$p = 3$$

$$L_{10} = \left(\frac{C_{6230}}{F_{RA}} \right)^p = \left(\frac{174\,000}{8112,1} \right)^3 = 9\,868 \cdot 10^6 \text{ otáček} \quad (14)$$

$$L_{10h\,6230} = \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot L_{10\,6230} = \frac{10^6}{60 \cdot 1\,000} \cdot 9\,868 = 164\,467 \text{ hod} \quad (15)$$

Obě ložiska motoru tedy na straně AS i BS jsou dostatečně dimenzována na dané výkony a zatížení jednotlivých strojů. Nyní je počítáno s nulovým radiálním zatížením volného konce motoru. I z tohoto důvodu jsou ložiska předdimenzována, protože je zde možné určité radiální i axiální zatížení volného konce. A protože se mohou vyskytnout motory s určitým zatížením volného konce a musely by se přepočítávat ložiska a tím pádem měnit celý ložiskový uzel, byla by katalogizace a unifikace méně účinná.



LOŽISKO 6232

Bearing life

Every care has been taken to ensure the accuracy of this calculation but no liability can be accepted for any loss or damage whether direct, indirect or consequential arising out of the use of the calculation.

See section "SKF rating life"

Bearing	6232
Select η_0	<input type="text" value="0.5"/>
d, mm	<input type="text" value="160"/>
D, mm	<input type="text" value="290"/>
C, kN	<input type="text" value="186"/>
P_u , kN	<input type="text" value="5.3"/>
P, kN	<input type="text" value="6.5"/>
n, r/min	<input type="text" value="1000"/>
v, mm ² /s	<input type="text" value="7.6"/>
<input type="button" value="Calculate"/>	
L ₁₀	<input type="text" value="23400"/>
L _{10h}	<input type="text" value="390500"/>
K	<input type="text" value="0.999"/>
γ_1	<input type="text" value="7.6"/>
a _{SKF}	<input type="text" value="20.1"/>
L _{10m}	<input type="text" value="470600"/>
L _{10mh}	<input type="text" value="1000000"/>

Old a₂₃ method for comparison

a ₂₃	<input type="text" value="0.999"/>
L _{10a}	<input type="text" value="23400"/>
L _{10ah}	<input type="text" value="390100"/>

For grease lubricated bearings, please check the grease life. See section "Grease lubrication"

For calculation of two bearings on a shaft, see the program "SKF Bearing Select"

For calculation of the contamination factor η_c , see the program "SKF Bearing Select"

Obr. 31: Výpočet ložiska 6232 dle SKF [15]

LOŽISKO 6230

Bearing life

Every care has been taken to ensure the accuracy of this calculation but no liability can be accepted for any loss or damage whether direct, indirect or consequential arising out of the use of the calculation.

See section "SKF rating life"

Bearing	6230
Select η_0	<input type="text" value="0.5"/>
d, mm	<input type="text" value="150"/>
D, mm	<input type="text" value="270"/>
C, kN	<input type="text" value="174"/>
P_u , kN	<input type="text" value="4.9"/>
P, kN	<input type="text" value="8.11"/>
n, r/min	<input type="text" value="1000"/>
v, mm ² /s	<input type="text" value="7.88"/>
<input type="button" value="Calculate"/>	
L ₁₀	<input type="text" value="9880"/>
L _{10h}	<input type="text" value="164600"/>
K	<input type="text" value="1"/>
γ_1	<input type="text" value="7.88"/>
a _{SKF}	<input type="text" value="10.4"/>
L _{10m}	<input type="text" value="103000"/>
L _{10mh}	<input type="text" value="1000000"/>

Old a₂₃ method for comparison


a ₂₃	<input type="text" value="1"/>
L _{10a}	<input type="text" value="9870"/>
L _{10ah}	<input type="text" value="164600"/>

For grease lubricated bearings, please check the grease life. See section "Grease lubrication"

For calculation of two bearings on a shaft, see the program "SKF Bearing Select"

For calculation of the contamination factor η_c , see the program "SKF Bearing Select"


Obr. 32: Výpočet ložiska 6230 dle SKF [15]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 69
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Výpočet na Obr. 31 a Obr. 32 je dle www stránek výrobce ložisek SKF. Výpočet je uveden pro kontrolu, zda byly výpočty alespoň orientačně správné. Dle přiložených výsledků vidíme, že se hodnoty výsledků liší v daném měřítku nepatrně.

12. Ekonomická analýza

Protože základem bylo teprve vytvoření jednotné konstrukční dokumentace, bude ekonomická analýza provedena až po zpracování konkrétních zakázek v TPV a následném porovnání s ekonomickým výsledkem dřívějších zakázek podobného rázu.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 70
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

13. Závěr

Cílem diplomové práce bylo několik dílčích úkolů, které jsou uvedeny v úvodu diplomové práce. Pro přehlednost jsou zde jednotlivé úkoly uvedeny i s vyjádřením, zda byly splněny a jakým způsobem:

- nastudování specifikace standardního provedení asynchronních motorů řady MAK, DSo:

Splnění tohoto úkolu je zřejmé z obsahu kapitoly 7. „**Standardní specifikace motorů** [13]“ a především z obsahu kapitoly 8. „**Konstrukce**“, kde bylo základem nastudování konstrukčních požadavků zákazníka, aby konstrukce jednotlivých motorů byla dle jeho přání a specifikací.

- konstrukční zpracování v programu Autodesk Inventor, a to vytvoření modelů a následně výrobních výkresů, sestav a podsestav:


V tomto úkolu byl základ vytvořit jeden celý motor. Byl vytvořen motor osově výšky 450 mm s délkou paketu 850 mm. Celkový vzhled a přibližné rozměry jsou použity z již dříve zpracovaných zakázek. Tento důvod je zcela jednoduchý. Neboť hodně zpracovaných strojů má připojovací rozměry a celkové rozměry samotného stroje podobné a proto vymýšlet něco úplně nového, taky není ideální. Rozměry jsou již za léta práce odzkoušené a zákazníkem mnohokrát odsouhlasené.

- konzultace se zákazníkem:

Po vytvoření tohoto modelu byl odeslán rozměrový náčrtek zákazníkovi k vyjádření případně k odsouhlasení. To bylo důležité z hlediska toho, aby bylo možno pokračovat ve stejném duchu při zpracování motorů ostatních osových výšek. Návrh rozměrového náčrtku byl konzultován se zákazníkem a byly vyjasněny patřičné prvky, které jsou zobrazeny na Obr. 21: Rozměrový náčrtek – I“. Tyto prvky a úpravy byly provedeny a po odsouhlasení rozměrového náčrtku č. II na Obr. 22: Rozměrový náčrtek – II“ se mohlo přikročit v práci na kompletním katalogu.


- vytvoření modelů jednotlivých osových výšek:
- uspořádání jednotlivých součástí a podsestav do správných adresářů a podadresářů:

Nyní se mohlo pokračovat vytvářením ostatních modelů pro jednotlivé osově výšky 355, 400, 450, 500 a 560 mm. Zároveň s tvořením modelů bylo třeba jednotlivé díly a podsestavy umísťovat do patřičných adresářů a podadresářů, aby byl splněn další z dílčích úkolů. To zamezení duplicity modelů, a tím zamezení možných následných chyb ve výrobě a konečném smontování strojů. Tento krok je blíže vysvětlen v kapitole 9.4.2 „**Ukládání modelů**“ a konkrétní příklad v kapitole 9.4.3 „**Příklad uložení některých dílů a podsestav**“

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 71
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

- zpracování rozměrových náčrtků – vytvoření katalogového listu:

Posledním úkolem této diplomové práce bylo vytvoření katalogového listu motorů. Tento list je zobrazen v kapitole **10. „Katalogový list motorů DSo“** a tabulka jednotlivých přípojovacích rozměrů, ale taky jsou zobrazeny celkové rozměry, které se liší pro jednotlivé stroje ať už v osové výškách nebo v jednotlivých rozměrech, na které má vliv délka paketu jednotlivých strojů. Pro našeho zákazníka je tento „katalogový list“ velmi důležitý, protože náš zákazník není konečným zákazníkem pro odběr motorů, ale motory pouze nakupuje a dále je expeduje do celého světa. Z tohoto důvodu je pro něj jednoduché tento katalogový list nabídnout svému zákazníkovi a ten si buď, vybere, nebo má požadavky jiné a musí si objednat stroj „ušitý na míru“, což je samozřejmě poznat i na ceně stroje.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 72
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

14. Seznam použitých norem

- [1] ČSN EN 60034–7+A1. Točivé elektrické stroje – Část 7: Označování tvarů strojů a polohy svorkovnice (IM kód)
- [2] ČSN EN 60034–6. Točivé elektrické stroje – Část 6: Způsoby chlazení (IC kód)
- [3] ČSN EN 60034–1. Točivé elektrické stroje – Část 1: Jmenovité údaje a vlastnosti
- [4] ČSN EN 60034–5. Točivé elektrické stroje – Část 5: Stupně ochrany dané vlastní konstrukcí točivých elektrických strojů (IP kód) – Klasifikace
- [5] ČSN ISO 7144 Formální úprava disertací a podobných dokumentů. Praha: ČSNI, 1996. 21 s. ICS 01.140.20
- [6] ČSN ISO 690–1: 1996. Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura. Praha: ČSNI, 1996. 32 s.

15. Seznam použité literatury

- [7] BOLEK, A.; KOCHMAN, J. a kol.: Části strojů I a II. Technický průvodce 6 Praha: SNTL, 1990
- [8] Strojírenská příručka 1. – 8. díl. 1. vyd. Praha: Scientia. 1992–1998, ISBN 80–03–00–680–5, ISBN 80–85827–00–x, ISBN 80–85827–23–9, ISBN 80–85827–58–1, ISBN 80–85827–59–x, ISBN 80–85827–88–3, ISBN 80–7183–024–0
- [9] Nařízení vlády č. 24/2003 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na strojní zařízení
- [10] Hlavní katalog SKF: Katalog 6000 CS, 2007
- [11] WIEDEMANN, E.; KELLENBERGER, W.: Konstrukce elektrických strojů: SNTL Praha, 1973
- [12] Hammer, M.: Elektrotechnika a elektronika VUT v Brně: Cerm, 1996
- [13] Specifikace standardního provedení asynchronních motorů řady MAK, DSf, DSo: TES VSETÍN, s.r.o., 2009
- [14] LEINVEBER, J.; ŘASA, J.; VÁVRA, P.: Strojnické tabulky: Scientia Praha, 1999

Elektronické zdroje informací

- [15] SKF – výroba ložisek
www.skf.com (17.5.2009)
- [16] TES VSETÍN s.r.o. – výrobce elektromotorů a generátorů
www.tes.cz
- [17] Zdroj – Autodesk Inventor
- [18] Widap AG – výrobce topných těles
www.widap.ch
- [19] JUMO Měření a regulace s.r.o. – dodavatel měřicí a regulační techniky
www.jumo.cz
- [20] Rittal – výrobce rozvaděčových skříní a jejich příslušenství
www.rittal.cz

16. Seznam použitých symbolů

Tab. 7

Symbol	Jednotka	Název
a	[mm]	Rozměr hřídele dle Obr. 27: Schéma ztížení hřídele
b	[mm]	Rozměr hřídele dle Obr. 27: Schéma ztížení hřídele
k	[mm]	Rozměr hřídele dle Obr. 27: Schéma ztížení hřídele
l	[mm]	Rozměr hřídele dle Obr. 27: Schéma ztížení hřídele
F_{RA}	[N]	Reakce sil v bodě A
F_{RB}	[N]	Reakce sil v bodě B
$F_{GHŘ}$	[N]	Tíhová síla od hřídele
F_{GPAK}	[N]	Tíhová síla od paketu
$m_{hř}$	[kg]	Hmotnost hřídele
m_{pak}	[kg]	Hmotnost paketu
g	[m/s ²]	Gravitační zrychlení
F_M	[N/m]	Síla magnetického tahu
y	[mm]	Průhyb hřídele
F_{MAG}	[N]	Síla magnetického tahu na daný průhyb
e	[mm]	Excentricita = průhyb
D_{PAK}	[mm]	Velký průměr paketu rotoru
L_{PAK}	[mm]	Délka paketu rotoru
B	[T]	Elektromagnetická indukce
δ	[mm]	Jednostranná vzduchová mezera mezi rotorem a statorem
M_k	[Nm]	Kroutící moment
$\tau_{Dk\ 11523}$	[MPa]	Dovolené napětí v krutu materiálu 11523
$\tau_{Dk\ 15142}$	[MPa]	Dovolené napětí v krutu materiálu 15142
d	[mm]	Průměr volného konce hřídele
W_k	[mm ³]	Modul průřezu v krutu
α_v	[-]	vrubový činitel
τ_k	[MPa]	Napětí v krutu
τ_{kv}	[MPa]	Napětí v krutu zvětšené o α_v
C_{6232}	[N]	Dynamická únosnost ložiska 6232
d_{6232}	[mm]	Malý průměr ložiska 6232
D_{6232}	[mm]	Velký průměr ložiska 6232
B_{6232}	[mm]	Šířka ložiska 6232
$L_{10\ 6232}$	[mil. otáček]	Trvanlivost ložiska 6232
$L_{10h\ 6232}$	[hod]	Trvanlivost ložiska 6232
n	[min ⁻¹]	Otáčky stroje
p	[-]	Exponent rovnice trvanlivosti (3)
C_{6230}	[N]	Dynamická únosnost ložiska 6232
d_{6230}	[mm]	Malý průměr ložiska 6230
D_{6230}	[mm]	Velký průměr ložiska 6230
B_{6230}	[mm]	Šířka ložiska 6230
$L_{10\ 6230}$	[mil. otáček]	Trvanlivost ložiska 6230
$L_{10h\ 6230}$	[hod]	Trvanlivost ložiska 6230
F_y	[N]	Síly působící ve směru osy y
M_A	[Nm]	Moment působící v bodě A

17. Seznam použitých obrázků a tabulek

Obrázky:

Obr. 1: Stejnoseměrné motory řady SH (3,5 – 1000 kW)	14
Obr. 2: Stejnoseměrné motory řady S (7,5 – 533 kW)	14
Obr. 3: Asynchronní generátory pro vodní elektrárny řady GAK (30 – 1500 kVA)	15
Obr. 4: Synchronní generátory pro vodní elektrárny řady GSH (30 – 5000 kVA)	15
Obr. 5: Natáčivé transformátory řady NT (27 – 1000 kVA)	15
Obr. 6: Hlavní části asynchronního motoru	19
Obr. 7: Kód chlazení	21
Obr. 8: Kód krytí	25
Obr. 9: Kostra motoru [17]	34
Obr. 10: Pomocná svorkovnice	35
Obr. 11: Skříň svorkovnice [17]	36
Obr. 12: Ložiska, mazání ložisek [17]	38
Obr. 13: Ochrana ložisek [17]	40
Obr. 15: Katalogový list PT 100	41
Obr. 14 PT 100 JUMO	41
Obr. 16: Anti-kondenzační topení [17]	42
Obr. 17: Katalogový list klidového topení – I	43
Obr. 18: Katalogový list klidového topení – II	44
Obr. 19: Snímač otáček – tachodynamo [17]	45
Obr. 20: Mazací, výkonové štítky [17]	46
Obr. 21: Rozměrový náčrtek – I	53
Obr. 22: Rozměrový náčrtek – II	53
Obr. 23: Uspořádání složek modelů katalogu	55
Obr. 24: Uložení dílů a podsestav v katalogu	56
Obr. 25: Katalogový list	57
Obr. 26: Hřídel	59
Obr. 27: Schéma ztížení hřídele	60
Obr. 28: Průhyb hřídele	62
Obr. 29: Rotor uložen výstředně	63
Obr. 30: Rotor nevyvážený	63
Obr. 31: Výpočet ložiska 6232 dle SKF [15]	68
Obr. 32: Výpočet ložiska 6230 dle SKF [15]	68

Tabulky:

Tab. 1	22
Tab. 2	23
Tab. 3	24
Tab. 4	26
Tab. 5	27
Tab. 6	66
Tab. 7	74

18. Seznam příloh

Přílohy jsou předmětem obchodního tajemství.

Č. přílohy	Charakteristika přílohy	Č. výkresu
1	Výkres	1-3177-287
2	Výkres	1-3180-023
3	Výkres	3-3177-290
4	Výkres	3-3180-003
5	Výkres	2-3180-005